

TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN PENANGKAL PETIR ELECTROSTATIC FIELD DENGAN FARADAY CAGE DI MALANG TOWN SQUARE



Di susun oleh,

NAMA : Herlambang kukuh iman
NIM : 03.52.012



**KONSENTRASI ENERGI LISTRIK
JURUSAN ELEKTRONIKA DIPLOMA III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2007**

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI PERBANDINGAN PENANGKAL PETIR TIPE
ELECTROSTATIC FIELD DENGAN FARADAY CAGE
DI MALANG TOWN SQUARE**



**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III
FALKUTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2007**

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dimana atas berkat dan rahmatnya yang selalu dilimpahkan kepada kita, sehingga kita tidak kekurangan apapun dan tidak lepas dari kehendak dan kemudahannya maka penulis berhasil menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Dimana tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Industri jurusan Energi Listrik DIII ITN Malang.

Kami menyadari bahwa terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak yang membantu terselesainya laporan ini. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bpk. Prof , DR , Abraham Lomi ,MSEE ,Selaku Rektor ITN Malang.
2. Bpk. Ir.Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan FTI
3. Bpk. H. Choirul Saleh, Ir, MT Selaku Kajor Elektro DIII
4. Bpk. Bambang Prio Hartono. ST, MT Selaku Wakajor elektro DIII
5. Bpk. M. Abdul Hamid, Ir, MT Selaku Dosen wali energi listrik DIII
6. Bpk. Teguh Herbasuki, Ir, MT Selaku Dosen Pembimbing Laporan
7. Kedua orang tuaku dan Saudara – saudaraku yang telah banyak memberikan dukungan untuk menyelesaikan study ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan yang telah banyak membantu

Dengan terselesaikannya laporan ini besar harapan penulis agar apa yang tertulis dalam laporan ini bisa mamberikan sumbangan dan menjadi bahan masukan serta memberikan manfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2007

Penulis

ABSTRAK

NAMA : Herlambang Kukuh Imanu, Nim : 03.52.012

JUDUL : Studi Perbandingan Penangkal Petir Tipe *Electrostatic Field* dengan
Tipe *Faraday Cage* di Malang Town Square

DOSEN : Bpk. Ir. Teguh Herbasuki, MT

Kini di Indonesia telah banyak di bangun bangunan-bangunan yang menjulang tinggi dan berskala besar. Dengan skala bangunan yang besar dan ketinggian yang di miliki oleh bangunan-bangunan tersebut maka resiko terkena gangguan yang di timbulkan oleh sambaran petir cukup besar. Untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu dengan merencanakan dan memasang suatu instalasi penangkal petir pada bangunan tersebut, hal ini bertujuan untuk mengamankan bangunan itu sendiri dan sekaligus memberi keselamatan bagi manusia, hewan serta barang-barang yang ada di sekitar bangunan maupun di dalam bangunan tersebut. Dari itu perlu adanya proteksi agar dapat memanipulasi gangguan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Rumusan Masalah.....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Petir	5
2.1.1 Peristiwa Petir	5
2.1.2 Bahaya Sambaran Petir	6
2.1.3 Hari Guruh (<i>Thunderday</i>)	11
2.2 Tipe Penangkal Petir	12
2.2.1 Penangkal Petir <i>Electrostatic Field</i>	12
2.2.2 Penangkal Petir <i>Faraday Cage</i>	15
2.3 Daerah Perlindungan Petir	16
2.3.1 Penentuan Daerah Perlindungan Petir	17
2.3.2 Perhitungan Daerah Perlindungan Penangkal Petir	18
2.3.2.1 Radius untuk Perlindungan Untuk Satu Penangkal Petir.....	19
2.3.2.2 Radius Perlindungan Untuk Dua Runcingan Penangkal Petir	20

2.3.2.2.1	Dua Runcingan Petir pada Ketinggian Yang Sama.....	20
2.3.2.2.2	Dua Runcingan Penangkal Petir yang Berbeda.....	21
2.3.2.3	Radius Perlindungan Untuk lebih dari Dua Penangkal Runcingan Penangkal Petir	22
2.4	Instalasi Penangkal Petir	24
2.4.1	Bagian Bagian Instalasi Penangkal Petir	24
2.4.1.1	Penangkap.....	24
2.4.1.2	Hantaran Penangkap	24
2.4.1.3	Hantaran Turun	24
2.4.1.4	Sambungan-sambungan	24
2.4.1.5	Sambungan-sambungan Ukur	24
2.4.1.6	Pipa Pelindung	25
2.4.1.7	Pentanahan	25
2.4.2	Persyaratan Teknis Instalasi Penangkal Petir	25
2.4.2.1	Persyaratan Umum.....	26
 BAB III TEORI PERENCANAAN INSTALASI PENANGKAL PETIR.....		28
3.1	Perencanaan Instalasi Penangkal Petir.....	28
3.2	Penangkap Petir	29
3.3	Penghantar Penyalur Petir.....	32
3.4	Bahan Untuk Penghantar dan Pembumian	36
3.5	Syarat Instalasi Penangkal Petir untuk Atap Datar	37
3.6	Pentanahan	40
3.6.1	Sistem Pentanahan	40
3.6.2	Tahanan Jenis Tanah.....	40
3.6.3	Elektroda Pentanahan.....	42
3.6.4	Tahanan Pentanahan	45
3.6.5	Pentanahan rood (Elektroda Batang)	46
3.6.5.1	Satu Batang Elektroda Tegak Lurus ke Dalam Tanah.....	47
3.6.5.2	Dua Batang Tegak Lurus ke Tanah	50

3.6.6	Metode Pengujian Tanah	54
BAB IV PEMBAHASAN MASALAH (ANALISA DATA).....		56
4.1	Tata Letak dan Konstruksi Bangunan.....	56
4.2	Kemungkinan Terjadi Sambaran Petir.....	57
4.3	Sistem Penangkal Petir	59
4.3.1	Penangkal Petir Tipe <i>Electrical Field</i>	59
4.3.1.1	Radius Perlindungan dan Penentuan Runcingan Penangkal Petir	59
4.3.1.2	Penentuan Sistem Pentanahan.....	60
4.3.1.3	Instalasi Penangkal Petir Tipe <i>Electrical Field</i>	63
4.3.2	Penangkal Petir <i>Faraday Cage</i>	65
4.3.2.1	Radius Perlindungan dan Penentuan Runcingan Penangkal Petir	65
4.3.2.2	Penentuan Elektroda Pentanahan harus disesuaikan dengan kondisi	72
4.4	Perbandingan Dari Kedua Penangkal Petir.....	75
4.4.1	Data Perbandingan Teknis	75
4.4.2	Biaya Perencanaan Instalasi Penangkal Petir <i>Electrical Field</i> dan <i>Faraday Cage</i>	78
BAB V PENUTUP.....		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		82

DAFTAR GAMBAR

BAB I. PENDAHULUAN

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1	Struktur Listrik awan guntur/awan Comulonimbus.....	6
2.2	Penangkal Petir tipe <i>Electrostatic Field</i>	14
2.3	Tenaga Petir tipe <i>Faraday Cage</i>	16
2.4	Diagran daerah perlindungan petir	17
2.5	Penentuan daerah perlindungan penangkal petir	18
2.6	Radius perlindungan satu runcingan penangkal petir	19
2.7	Radus perlindungan dua runcingan penangkal petir pada ketinggian yang sama	20
2.8	Radius perlindungan penangkal petir pada ketinggian berbeda	21
2.9	Radius perlindungan lebih dari dua penangkal petir.....	23
2.10	Bagian-bagian Instalasi penangkal petir	25

BAB III. TEORI PERENCANAAN INSTALASI PENANGKAL PETIR

3.1	Penangkal petir	32
3.2	Pemasangan pengantar penyalur utama.....	33
3.3	Bentuk bangunan dengan atap datar	39
3.4	Cara pemasangan Elektroda Pita	43
3.5	Distribusi tegangan satu batang Elektroda.....	46
3.6	Distribusi tegangan dua batang Eletroda	47
3.7	Satu batang Elektroda tegak lurus di dalam tanah.....	48
3.8	Dua batang Elektroda di tanam tegak lurus ke dalam tanah	50
3.9	Beberapa batang Elektroda tegak lurus.....	51
3.10	Medan Listrik daru dua elektroda yang diletakan pada jarak A	52
3.11	Metode harga potensial tanah	54

BAB IV. PEMBAHASAN MASALAH (ANALISA DATA)

4.1	Bangunan Malang Town Square.....	56
4.2	Luas bentangan bangunan.....	58

4.3	Radius perlindungan <i>Electrical Field</i> tipe V6 di MATOS	60
4.4	Instalasi penangkal petir <i>Electrical Field(Viking)</i>	63
4.4.	Detail pemasangan Viking	64

DAFTAR TABEL

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1.	Macam penggunaan bangunan.....	9
2.2	konstruksi bangunan.....	9
2.3	Tinggi bangunan	10
2.4	Situasi bangunan	10
2.5	Pengaruh kilat	10
2.7	Perkiraan bahaya.....	11
2.8	Radius perlindungan <i>Electrical Field</i> untuk $h \leq 5$ meter.....	15

BAB III. TEORI PERENCANAAN INSTALASI PENANGKAL PETIR

3.1	Daftar ukuran hantaran kawat terfin	35
3.2	Jenis bahan dan ukuran terkecil	37
3.3.	Harga tahanan jenis tanah	41
3.4	Ukuran minimum elektroda pentanahan.....	44
3.5	Resistans pembunian pada resistans jenis $\rho 1 = 100$ ohm meter	45

BAB IV. PEMBAHASAN MASALAH (ANALISA DATA)

4.1	Data IKL daerah Malang tahun 2007.....	57
4.2	Perbandingan penangkal petir <i>Electrical Field</i> dengan <i>Faraday Cage</i> khusus pada Malang Town Square	78
4.4	Tabel perencanaan instalasi penangkal petir <i>Electrical Field</i>	78
4.4	Tabel perencanaan instalasi penangkal petir <i>Faraday Cage</i>	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan pembangunan nasional dan seiring dengan perkembangan jalan, kini di Indonesia telah banyak di bangun bangunan-bangunan yang menjulang tinggi dan berskala besar seperti gedung-gedung bertingkat, pabrik, hotel, tower dan pusat-pusat perbelanjaan. Dengan skala bangunan yang besar dan ketinggian yang di miliki oleh bangunan-bangunan tersebut maka resiko terkena gangguan yang di timbulkan oleh alam cukup besar. Salah satu gangguan yang sering timbul adalah gangguan yang di sebabkan oleh sambaran petir, mengingat Indonesia merupakan Negara dengan curah hujan yang cukup tinggi.

Petir merupakan fenomena alam yang selalu melepaskan muatan listrik ke bumi tanpa di ketahui kapan waktu terjadinya, tanpa dapat di kendalikan dan dapat menimbulkan kerusakan. Mengingat akibat sambaran cukup berbahaya maka munculah usah-usaha untuk mengatasi gangguan akan sambarn petir itu. Salah satu usaha yang di lakukan untuk mengatasi sambaran petir tersebut, yaitu dengan merencanakan dan memasang suatu instalasi penangkal petir pada bangunan tersebut, hal ini bertujuan untuk mengamankan bangunan itu sendiri dan sekaligus memberi keselamatan bagi manusia, hewan serta barang-barang yang ada di sekitar bangunan maupun di dalam bangunan tersebut.

Dalam merencanakan suatu sistem penangkal petir, harus mempertimbangkan tipe dari penangkal petir tersebut, karena saat ini ada beberapa alat penangkal petir yang biasa di gunakan. Dari beberapa alat penangkal petir

alat penangkal petir yang biasa di gunakan. Dari beberapa alat penangkal petir tersebut, diantaranya yaitu penangkal petir tipe *Faraday Cage* dan *Electrostatic Field (VIKING)*. Dari kedua penangkal petir tersebut memiliki spesifikasi teknis yang berbeda-beda, mulai dari radius perlindungan, keandalan sistem hingga harganya. Dengan spesifikasi teknis dari kedua penangkal petir tersebut nantinya penangkal petir yang mana yang lebih tepat di aplikasikan untuk bangunan Malang Town Square (MATOS).

1.2. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi permasalahan yang akan di bahas adalah :

1. Radius perlindungan penangkal petir.
2. Teknik penentuan perencanaan elektroda pentanahan.
3. Penentuan perencanaan runcingan dan instalasi penangkal petir pada bangunan Malang Town Square.

1.3. Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir adalah untuk :

1. Mengetahui perbandingan penangkal petir tipe *Electrostatic Field (Viking)* dengan *Faraday Cage* secara teknis dan ekonomis.
2. Mengetahui tipe penangkal petir yang tepat untuk diaplikasikan pada bangunan Malang Town Square.

1.4. Rumusan Masalah

Membandingkan penangkal petir tipe *Electrotic Field. (Viking)* dengan tipe *Faraday Cage*

1.5. Metodologi

Pengkajian ini diselesaikan dengan menggunakan metode-metode sebagai berikut :

1. Kajian Teoritis

Memaparkan teori-teori dasar yang berhubungan antara Penangkal tipe *Electrostatic Field* dengan tipe *Faraday Cage*.

2. Studi Observasi

- Studi observasi ini dilakukan dengan cara pengamatan dan pengambilan data sekunder di Malang Town Square. Data-data yang diambil adalah Data teknis kedua tipe penangkal petir.
- Data kondisi tentang letak gedung dan bangunan.
- Data dari Badan Meteorologi tentang kerapatan hujan, dan petir pada musim penghujan tahun 2007.

3. Analisis data dari hasil observasi

Data-data yang telah didapatkan dari hasil observasi kemudian dianalisis, yang meliputi :

- Menganalisis perencanaan elektroda pentanahan.
- Perhitungan perencanaan runcingan dan instalasi penangkal petir pada Malang Town Square.

4. Pengambilan kesimpulan

Dari hasil analisis dapat di ambil kesimpulan perbandingan penangkal tipe apa yang cocok di aplikasikan di Malang Town Square.

1.6.Sistematika Pembahasan

1.6.1. BAB I

Berisi tentang pemaparan latar belakang, batasan masalah, tujuan penulisan dan sistematika pembahasan dari permasalahan yang ada pada laporan akhir ini.

1.6.2. BAB II

Berisi tentang teori penunjang yang merupakan penjelasan dari peristiwa petir secara umum, radius perlindungan, penangkal petir tipe *E.F* (*VIKING*) dan tipe *Faraday Cag*, siste instalasi penangkal petir dan pentanahanya.

1.5.3. BAB III

Berisi tentang teori-teori perencanaan instalasi penangkal petir yang layak dann sesuai dengan PUIL dan juga perhitungan pengukuran pentanahan,

1.5.4. BAB IV

Berisi analisa dari kedua sistem penangkal petir tersebut, sehingga penulis dapat mengetahui kekurangan dan kelebihan dari kedua tipe penangkal petir sehingga dapat menentukan tipe penangkal petir yang tepat di aplikasikan di Malang Town Square.

1.5.5. BAB V

Kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Petir

2.1.1. Peristiwa Petir

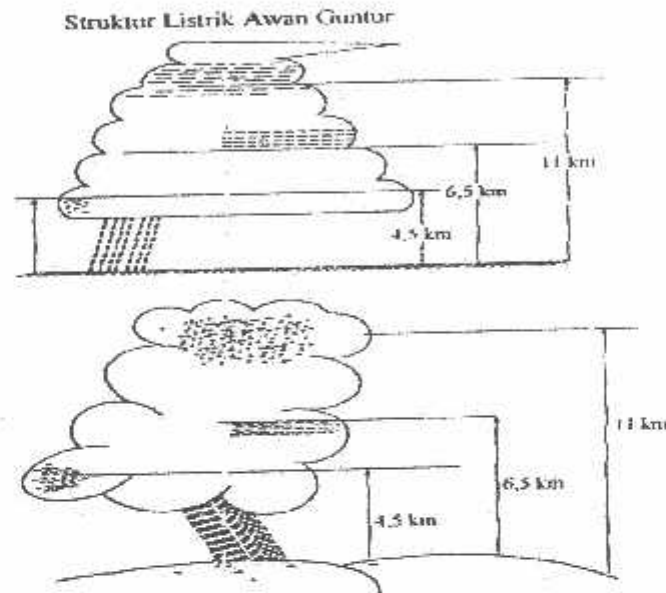
Petir adalah suatu fenomena alam, yang pembentukanya berasal dari terpisahnya muatan di dalam awan cumulonimbus (awan Cb). Awal mulanya gejala petir karena terjadi banyak kondensasi dari uap air dan adanya arus udara naik yang kuat. Dengan demikian, titik-titik air dari proses kondensasi akan terbawa arus udara naik. Titik air kecil akan menjadi lebih cepat daripada titik-titik air yang besar, sehingga terjadi gesekan antara titik-titik air tersebut. Gesekan antara titik air ini menimbulkan awan yang bermuatab listrik (P.Van Harten, : 1981 : 249).¹⁾

Pada awan cumulonimbus ini umumnya muatan negatif terkumpul dibagian bawah dan ini menyebabkan terinduksinya muatan positif di atas permukaan tanah, sehingga membentuk medan listrik antara awan dan tanah. Jika muatan listrik cukup besar dan kuat medan listrik di udara di lampau, maka terjadi pelepasan muatan yang berupa petir yang bergerak dengan kecepatan cahaya dengan efek merusak yang dahsyat karena kekuatannya.

Pelepasan muatan ini awalnya merupakan pelepasan ringan yang membentuk saluran antara awan dan bumi. Dalam saluran ini kemudian terjadi pelepasan utamanya, yang di iringi dengan gejala cahaya, yaitu sinar

kilat. Sinar kilat ini terdiri dari sejumlah pelepasan bagian yang susul-menyusul dengan cepat mengikuti saluran yang sama.

Pelepasan-pelepasan itu berlangsung dengan kecepatan 30.000 km/s. Arus yang mengalir dapat mencapai 30-60 kA, bahkan bisa lebih. Akan tetapi arus ini berlangsung sedemikian singkat. (P. Van Harten, Ibid :249)²⁾



Gambar 1. Struktur Listrik Awan Guntur/Awan Comulonimbus*)

*) DPU2, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta, 1987, Halaman 11.

2.1.2. Bahaya Sambaran Petir

Petir akan selalu mencari jalan yang paling mudah ke bumi, misalnya lewat lapisan-lapisan udara yang lembab dan terionisasi. Bangunan-bangunan tinggi, cerobong asap, menara dan pohon-pohon tinggi paling besar kemungkinannya terkena sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung.

Sambaran petir tersebut membawa resiko yang sangat besar apabila mengenai bangunan dan sesuatu yang ada di bumi lainnya, misalnya :

a). Terhadap Bangunan

Penyebab dari kerusakan bangunan yang di akibatkan oleh sambaran petir terutama adalah karena besar dari arus petir dan kecuraman arus petir,. Kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan thermis seperti terbakar pada bagian yang tersambar, bisa juga berupa kerusakan mekanis seperti atap bangunan runtuh, bangunan menjadi retak dan sebagainya, sehingga menimbulkan kerugian yang sangat besar.

b). Terhadap Manusia

Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia maka organ-organ yang di lalui arus tersebut akan mengalami kejutan (Shock). Arus tersebut dapat menyebabkan berhentinya kerja jantung. Selain itu efek rangsangan dan panas akibat arus petir pada organ-organ tubuh dapat juga melumpuhkan jaringan / otot-otot dan bahkan bila energinya sangat besar dapat menghanguskan tubuh manusia, sehingga dapat menyebabkan kematian pada manusia tersebut.

Perlu diingat bahwa, yang menyebabkan kematian bukan karena sambaran langsung tetapi juga sambaran tidak langsung, karena di sekitar titik atau tempat yang terkena sambaran akan terdapat muatan listrik dengan kecepatan muatan yang besar dimana muatan itu akan menyebar di dalam tanah dengan arah radial. Penyebaran muatan ini akan menyebabkan adanya tegangan langkah pada manusia yang ada di sekitar

titik sambaran, serta dapat membahayakan. Tegangan langkah merupakan tegangan timbul antara dua bagian tubuh manusia yang berbeda pada suatu gradien tegangan, sehingga antara ke dua bagian tubuh tersebut beda tegangan dan menyebabkan arus listrik mengalir di dalam tubuh manusia.

Berdasarkan resiko yang di timbulkan maka pengamanan terhadap sambaran petir terutama perlu untuk :

- 1) Bangunan-bangunan yang sangat tinggi dan bangunan-bangunan yang letaknya terpencil di dataran terbuka.
- 2) Bangunan-bangunan dengan atap yang mudah terbakar.
- 3) Bangunan-bangunan yang menyimpan bahan-bahan yang mudah meledak atau terbakar.

Selain itu, berhubungan dengan keamanan umum, pengaman juga di perlukan untuk :

- 1). Bangunan-bangunan yang di kunjungi banyak manusia, misalnya gedung pertunjukan, tempat ibadah, pusat perbelanjaan / swalayan dan sebagainya.
- 2). Bangunan-bangunan vital, seperti pusat-pusat listrik, rumah-rumah pompa untuk saluran air minum dan sebagainya.
- 3). Bangunan-bangunan yang sulit diganti atau menyimpan barang-barang berharga yang tidak dapat atau sulit untuk diganti, seperti gedung museum, perpustakaan, arsip, monumen-monumen dan sebagainya.

Pemasangan instalasi penangkal petir tidak menambah atau mengurangi kemungkinan terkena sambaran petir. Akan tetapi apabila terjadi sambaran petir, akan di salurkan ke tanah lewat instalasi penyalur sehingga bangunan dan isinya dapat terlindungi dari bahaya sambaran petir.

Besarnya kebutuhan bangunan akan instalasi penangkal petir, di tentukan oleh besarnya kemungkinan kerusakan serta bahaya yang timbul bila bangunan tersebut tersambar petir. Besarnya kebutuhan tersebut dapat di tentukan secara empiris berdasarkan indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu pada table di bawah ini (DPU, 1987 : 17).^{*)} dari penjumlahan indeks-indeks terbut, diperoleh perkiraan bahaya sambaran petir.

Tabel 1. Macam Penggunaan Bangunan *)

NO (1)	PENGGUNAAN DAN ISI (2)	INDEKS A (3)
1	Bangunan dan isinya jarang di gunakan	0
2	Bangunan tempat tinggal, toko, pabrik kecil	1
3	Bangunan dan isinya cukup penting misalnya menara air, pabrik dan gedung pemerintahan	2
4	Bangunan untuk umum misalnya bioskop, sekolah, masjid dan gereja.	3
5	Instalasi gas, bensin dan rumah sakit	5
6	Bangunan yang mudah meledak	15

*) DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 18.

Tabel 2. Konstruksi Bangunan *)

NO (1)	KONSTRUKSI BANGUNAN (2)	INDEKS B (3)
1	Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah menyalurkan listrik)	0
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
3	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang dengan atap bukan logam	2

4	Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3
---	---------------------------------------	---

*¹⁾ DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 19.

Tabel 3. Tinggi Bangunan *¹⁾

NO (1)	TINGGI BANGUNAN (M) (2)	INDEKS C (3)
1	0 sampai dengan 6	0
2	>6 sampai dengan 12	2
3	> 12 sampai dengan 17	3
4	> 17 sampai dengan 25	4
5	>25 sampai dengan 35	5
6	>35 sampai dengan 50	6
7	> 50 sampai dengan 70	7
8	>70 sampai dengan 100	8
9	>100 sampai dengan 140	9
10	>140 sampai dengan 200	10

*¹⁾ DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 19.

Tabel 4. Situasi Bangunan *¹⁾

NO (1)	SITUASI BANGUNAN (2)	INDEKS D (3)
1	Pada tanah datar di semua ketinggian	0
2	Di kaki bukit sampai tiga per empat tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
3	Di puncak gunung atau pegunungan lebih dari 1000 meter	2

*¹⁾ DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 20.

Tabel 5 Pengaruh Kilat *¹⁾

NO (1)	HARI GUNTUR PER TAHUN (2)	INDEKS D (3)
1	2	0
2	4	1
3	8	2

4	16	3
5	32	4
6	64	5
7	128	6
8	256	7

*¹) DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 20.

Tabel 6. Perkiraan Bahaya *¹)

R=A+B+C+D+E (1)	PERKIRAAAN BAHAYA (2)	INSTALASI PETIR (3)
<11	Diabaikan	Tidak perlu
11	Kecil	Tidak perlu
12	Sedang	Agak dianjurkan
13	Agak besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat dianjurkan
<14	Sangat besar	Sangat perlu

*²) DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan badan penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 21.

2.1.3. Hari Guruh (*Thunderday*)

Menurut definisi dari W.M.O (World Meteorological Organization) hari guruh adalah hari dimana terdengar guruh paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 km dari stasiun pengamatan. Hari guruh ini juga di sebut hari badai guntur (*Thunder Stromday*). Di Indonesia banyak hari guruh di catat dan banyaknya hari guruh rata-rata setiap tahunnya (IKL) diterbitkan oleh lembaga Metereologi dan Geofisika (DPU, Ibid. 1987 : 8)⁴). IKL adalah merupakan faktor penting dalam perencanaan instalasi penangkal petir pada suatu daerah tertentu. Berdasarkan data IKL akan di peroleh suatu frekuensi petir dimana obyek yang akan di rencanakan berada.

Dengan demikian data IKL sangat berguna untuk mengetahui banyaknya gangguan petir pada suatu tempat tertentu, sehingga perlu tidaknya sistem penangkal petir pada tempat tersebut dapat di ketahui.

Kerapatan sambaran petir dinyatakan dalam jumlah sambaran per kilometer persegi per tahun dan di nyatakan dengan persamaan :

$$D = 8,875 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times \text{IKL sambaran/km}^2/\text{tahun} \quad (1)$$

2.2. Tipe Penangkal Petir

2.2.1. Penangkal Petir Tipe *Electrostatic Field*

Tipe penangkal petir ini sama dengan tipe franklin, hanya saja ada pengembangan pemakaian elemen penangkal petir. Ujung penangkal petir dirancang sedemikian rupa sehingga mampu untuk mengalirkan muatan positif ke bumi melaui ujung penangkal tersebut secara terus- menerus.

Penangkal petir ini di lengkapi dengan LCT (*Lightning Control Terminal*) yang berfungsi untuk mengontrol sambaran petir. Pada bagian bawah di lengkapi dengan "Counter" yang berfungsi untuk mencatat frekuensi sambaran petir. Hantaran yang di pakai adalah "*Coaxcial Cable*" yaitu sejenis kabel koaksial yang di desain khusus untuk tipe ini yang mampu untuk meredam terjadinya hubung singkat antara hantaran kawat dengan obyek yang di lindungi.

Penggunaan penangkal petir *Electrostatic Field* mempunyai keuntungan, yaitu :

- 1) Faktor keserasian dan keindahan gedung tetap terjaga.
- 2) Untuk melindungi gedung yang luas bisa di pakai satu runcingan penangkal petir yang sesuai dengan radius perlindunganya.

- 3) Runcingan penangkal petir selalu aktif mengeluarkan muatan positif sehingga apabila terjadi sambaran petir akan cenderung menyambar runcingan tersebut.
- 4) Dengan pemakaian "Coaxial Cable" akan mengurangi kebakaran.

Kekurangan yang ada pada pemakaian penangkal petir E.F ini adalah harga yang sangat mahal, oleh karena itu harus disesuaikan dengan obyek yang akan dilindungi.

Penangkal Petir tipe *lectrica Field (VIKING)*.

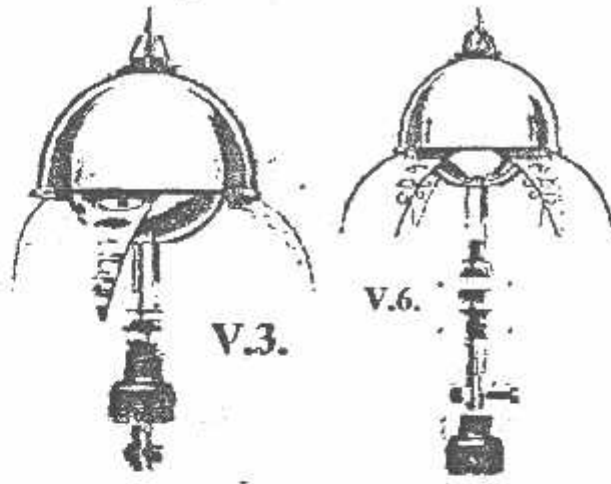
Operasi dasar dari penangkal petir *VIKING* adalah mengumpulkan energi listrik yang ada pada sekitarnya di atmosfer, menyimpannya dan melepaskannya pada momen tertentu tepat sebelum terjadi sambaran petir. Energi dikumpulkan oleh terminal berbentuk segitiga yang terletak di bagian bawah dan energi listrik tersebut disimpan di *electronic ion generator*.

Ketika badai mendekati bumi, menyebabkan kenaikan aliran medan listrik ke atmosfer. Fenomena tersebut di deteksi oleh terminal berbentuk segitiga dan mengirimkan informasi ke *electronic ion generator* untuk memproduksi ion dengan jumlah besar dan melepaskan ion-ion tersebut ke atmosfer (penangkal petir *Viking* bekerja seperti *Ion Gun* (senjata ion) yang menembakan ion dalam jumlah yang besar ke atmosfer tepat sebelum terjadi sambaran petir).

Penangkal petir *VIKING* di lengkapi dengan :

- a) Electrical Impuls Sensor dan Electrical Collector.
- b) Lightning Pick up rod.

- c) Ion Generator terminal.
- d) Electronic ion generator.



Gambar 2. Penangkal Petir Tipe *E.F (Viking)*

Radius perlindungan (R_p) dari penangkal petir *VIKING* di tentukan berdasarkan rumus yang di tetapkan oleh French National Standard NF C17.102, sebagai berikut :

$$R_p(m) = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \quad (2)$$

Keterangan :

$H(m)$: Tinggi dari *VIKING* diatas area yang dilindungi, jika *VIKING* digunakan untuk melindungi bangunan maka tinggi dari tiang akan di tambahkan dengan tinggi dari bangunan untuk menghitung radius perlindungan hingga level dasar dari bangunan.

$D(m)$: Jarak pada harga 20m, 45m, 60m tergantung pada level perlindungan yang di butuhkan sesuai dengan bahaya sambaran pada area yang di lindungi.

ΔL (m) : $10^6 \cdot \Delta T$ (μsec)

ΔT (μsec) : Trigger pendahuluan yang ditetapkan di *High Voltage Test Laboratory*, Tergantung dari type Viking yang dipilih.

Rumus diatas untuk $h > 5$ meter, sedangkan untuk $h \leq 5$ meter

radius perlindunganya diberikan pada table 7 di bawah ini.

Tabel 7. Radius Perlindunganya Viking Untuk $h \leq 5$ Meter

H (m) [1]	Type V3 [2]			Type V6 [3]		
	Level 1 (D=20m)	Level 2 (Dan=45m)	Level 3 (Dan=60m)	Level 1 (D=20m)	Level 2 (D=45m)	Level 3 (D=60m)
2	25	33	36	34	43	47
3	38	49	55	52	64	70
4	50	66	4	70	86	93
5	64	82	92	87	107	118
6	64	83	92	87	107	118
7	65	-	-	87	-	-
8	65	85	93	87	108	119
10	65	85	96	87	109	120
15	66	88	-	88	111	-
20	66	89	101	88	112	124
45	-	93	109	-	115	131
60	-	-	110	-	-	132

2.2.2. Penangkal Petir *Faraday Cage*

Penangkal petir *Faraday* ini digunakan untuk melindungi bentuk-bentuk bangunan yang mempunyai luas dan panjang, karena tipe ini lebih sesuai berdasarkan perhitungan daerah perlindungan untuk bangunan tersebut. Tipe ini merupakan pengembangan dari penangkal petir tipe Franklin.

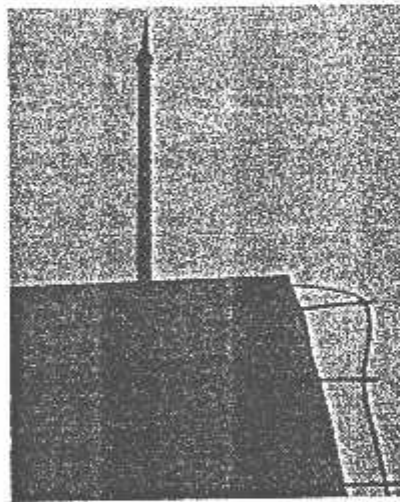
Kekurangan yang ada pada tipe penangkal petir *Faraday Cage* ini adalah :

- a) Semakin luas bentuk atap bangunan semakin mahal biayanya.
- b) Dapat mengurangi segi keindahan bangunan yang dilindungi terutama bangunan gedung.
- c) Untuk bangunan yang memiliki letak saling berdekatan, semakin sulit menginstalasikanya.

Sedangkan kelebihan dan keuntungan yang didapat dari pemakaian tipe *Faraday Cage* ini adalah :

- a) Efektifitas perlindungan dapat tercapai.
- b) Memperoleh nilai tahanan yang rendah dengan cara memakai beberapa elektroda pentanahan yang diparalel.

Gambar 3 dibawah ini menunjukkan penangkal petir tipe *Faraday Cage*



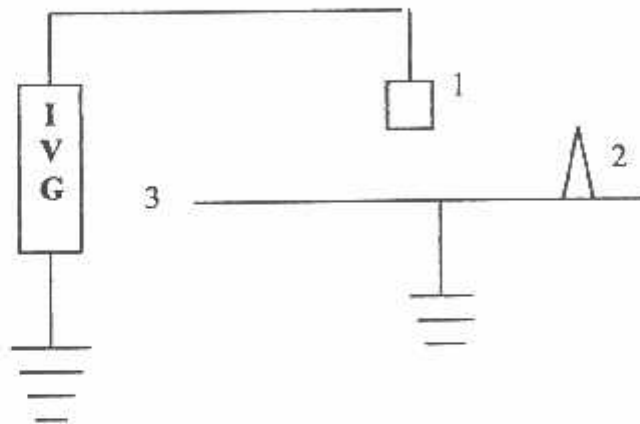
Gambar 3. Penangkal Petir Tipe Faraday Cage.

2.3. Daerah Perlindungan Petir

Daerah perlindungan petir adalah suatu daerah di sekeliling runcingan penangkal petir dimana kemungkinan terkena sambaran petir adalah sangat kecil (M.P.Chourasia, 1979 : 425)⁵⁾

2.3.1. Penentuan Daerah Perlindungan Petir

Penentuan daerah perlindungan petir ini berdasarkan model-model percobaan di laboratorium, yang di asumsikan sama dengan kejadian di alam yang sebenarnya. Untuk model dari percobaan tersebut dapat di lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Daerah Perlindungan Petir *)

*¹⁾ M.P Chourasia, High Voltage Engineering, Khana Publisher, 2-B Nath Market, Delphi-6, 1979 Halaman 426.

Keterangan :

IVG : Generator Tegangan Impuls

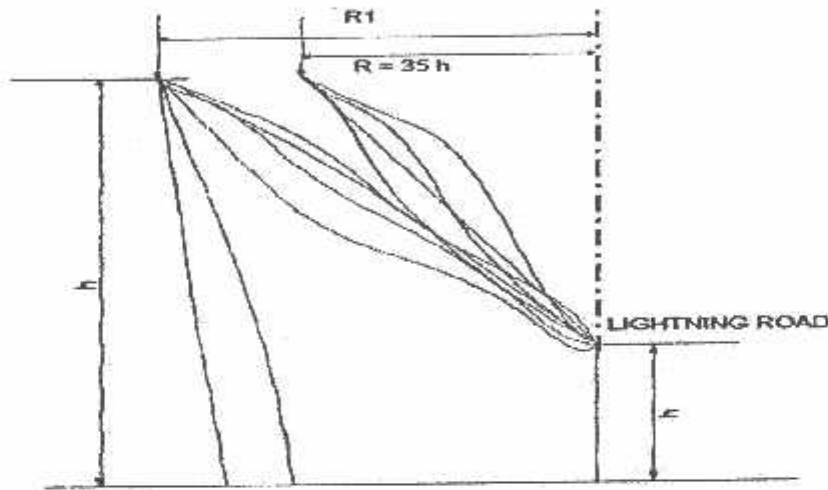
1 : Elektroda yang di asumsikan titik terjadinya sambaran petir.

2 : Model-model runcingan penangkal petir

3 : Bidang "Plane metal" yang ditanahkan.

Elektroda 1 ditempatkan pada ketinggian H, digeser-geser mendekati model penangkal petir 2 sehingga diperoleh bermacam-macam "discharge". Dari hasil pengamatan ternyata $R = 3,5$ seluruh "discharge" menuju penangkal petir.

Pergeseran elektroda 1 dengan $R = 3,5 h$ dianggap daerah 100% sambaran petir, karena seluruh "discharge" akan menuju pangkal petir. Untuk $R_1 > R$ sebagian "discharge" mengarah ke bumi menyerong dari sumbu vertikal dan mengenai bumi pada jarak $r = 1,6$ (r adalah radius perlindungan di muka bumi). Gambar 5 di bawah ini menunjukkan macam-macam "discharge" tersebut.



Gambar 5. Penentuan Daerah Perlindungan Penangkal Petir *)

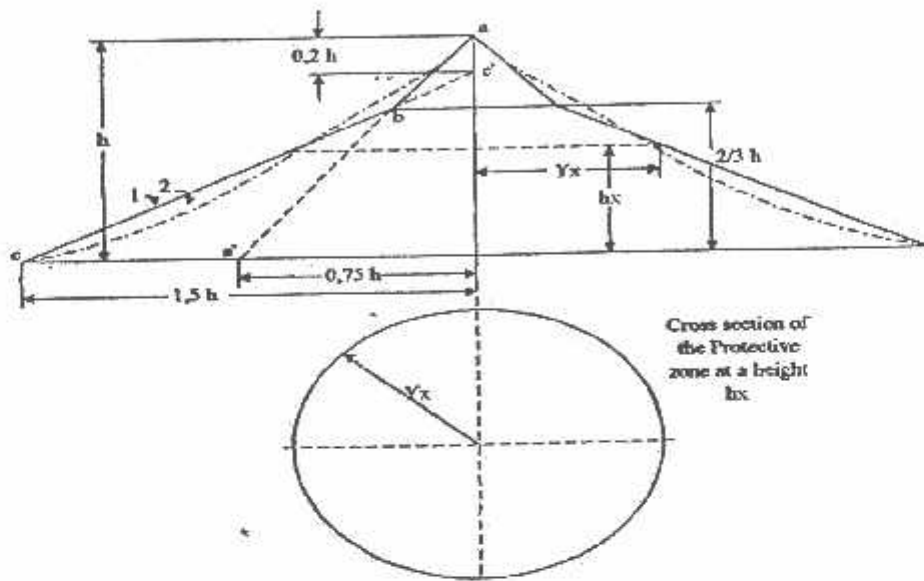
*) M.P. Chourasia, High Voltage Engineering, Khanna Publishers, 2-B Nath Market, Delhi-6, 1979, Halaman 427.

Variabel hx adalah obyek yang dilindungi dengan bantuan menara hx sebagai modelnya, melalui pergeseran elektroda maka akan diperoleh radius perlindungan maksimum dari penangkal petir. Berdasarkan percobaan tersebut, digunakan untuk mengkonstruksikan daerah perlindungan penangkal petir pada keadaan sebenarnya dengan penyerdehanaan rumus empiris.

2.3.2. Perhitungan Radius Perlindungan Penangkal Petir

2.3.2.1. Radius untuk Perlindungan Untuk Satu Penangkal Petir

Radius perlindungan satu runcingan penangkal petir dapat di tentukan berdasarkan gambar 6 dibawah ini, diketahui penangkal petir h dan obyek yang dilindungi setinggi h_x .



Gambar 6. Radius Perlindungan Satu Runcingan Penangkal Petir *¹⁾

*¹⁾ M.P Chourasia, High Voltage engineering, Khanna Publisher, 2-B Nath Market, Delhi-6, 1979 Halaman 429.

Untuk mengkonstruksikan radius ini terlebih dulu menentukan titik $ac' = 0,2h$ atau $oc' = 0,8h$ kemudian titik $oc = 1,5h$ antara titik $c - c'$ ditarik garis lurus, kemudian menentukan titik $oa' = 0,75h$ dari sumbu penangkal petir dan menarik garis lurus pada titik a sampai a' . dari penarikan kedua titik tersebut diperoleh titik perpotongan b yang terletak pada ketinggian $2/3h$.

Dari gambar diatas didapat radius perlindungan sebagai berikut :

- a). Jika $h < 30$ meter dan $h_x \leq 2/3h$, radius perlindungannya adalah :

$$R_x = 1,5h (1 - hx/0,6h) \quad (3)$$

Sedangkan untuk $hx > 2/3h$, maka radius perlindungannya adalah :

$$R_x = 0,75h (1 - hx/h) \quad (4)$$

b). Jika $h > 30$ meter dan $hx \leq 2/3h$, radius perlindungannya adalah :

$$r_x = 1,5 hp (1 - hx/0,8h) \quad (5)$$

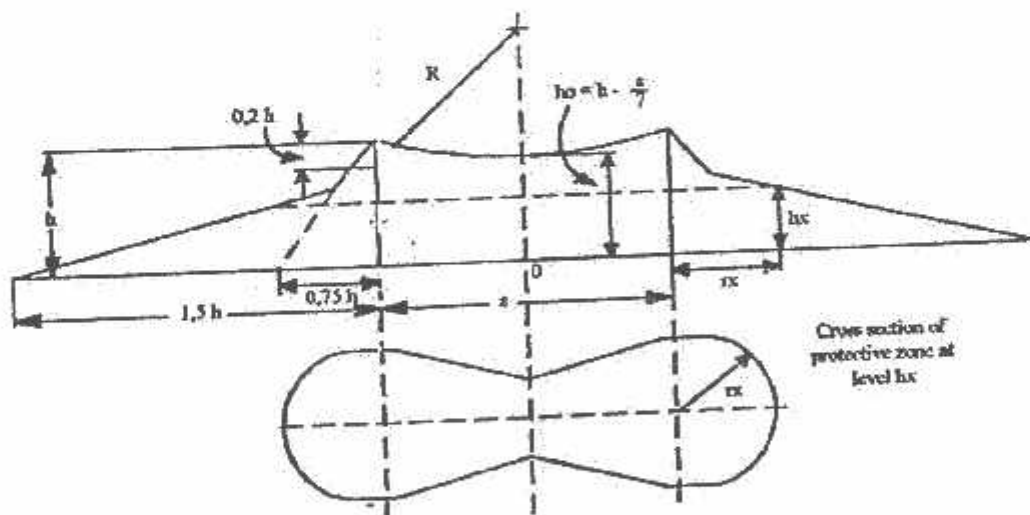
Sedangkan untuk $hx > 2/3h$, maka radius perlindungannya adalah :

$$R_x = 0,75 hp (1 - hx/h) \quad (6)$$

Besar $p = 5,5/\sqrt{h}$ dan untuk $h > 30$ ini, konstruksinya dibuat sama dengan pada gambar 6 diatas tetapi penarikan garis oa'' dibuat sama dengan $0,75 hp$ dan penarikan pada garis $0c = 1,5 hp$.

2.3.2.2. Radius Perlindungan Untuk Dua Runcingan Penangkal Petir

2.3.2.2.1. Dua runcingan petir untuk pada ketinggian yang sama



Gambar 7. Radius Perlindungan Dua Runcingan Penangkal Petir Pada Ketinggian Yang Sama *)

*) M.P. Chourasia, High Voltage Engineering, khanna Publishers, 2-B Nath Market, Delhi-6, 1979, Halaman 431.

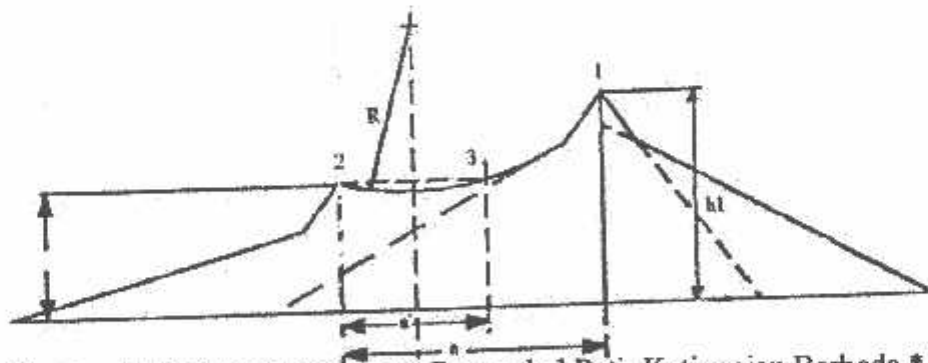
Konstruksi untuk dua penangkal petir yang memiliki ketinggian yang sama (gambar 7), maka seperti telah dijelaskan didepan bahwa untuk $R = 3,5$ semua "discharge" akan menuju runcingan penangkal petir yang diletakan pada jarak $a = 2h - 7h$, titik tengah antara keduanya h_0 tidak terkena sambaran.

Untuk melindungi daerah pada ketinggian h_0 , maka jarak antara penangkal petir tidak boleh lebih dari 7 kali dari tinggi aktif penangkal petir, atau $a \leq 7 (h-h_0)$. Jika tinggi penangkal jarak diketahui, maka tinggi h_0 adalah :

$$h_0 = h - a/7 \quad (7)$$

Untuk menentukan radius perlindungan, pada masing-masing runcingan penangkal petir dikonstruksikan sama dengan konstruksi untuk satu runcingan penangkal petir. Kemudian pada ketinggian h_0 juga dikonstruksikan dengan cara yang sama pula.

2.3.2.2.2. Dua runcingan penangkal petir pada ketinggian yang berbeda



Gambar 8. Radius Perlindungan Penangkal Petir Ketinggian Berbeda *)

*) M. P. Chourasia, Hihg Voltage Engineering, Khanna Publishers, 2-B Nath Market, Delhi-6, 1979, Halaman 431.

Pada ketinggian yang berbeda agar diperoleh suatu daerah perlindungan yang efektif, maka pertama adalah daerah perlindungan penangkal petir yang lebih tinggi dikonstruksikan lebih dahulu kemudian menyusun penangkal-penangkal petir yang lebih rendah. Gambar 8 diatas menunjukkan dua runcingan penangkal petir dengan ketinggian yang berbeda.

Dengan menarik garis horizontal dari ujung penangkal petir dua sampai memotong daerah perlindungan penangkal petir yang pertama. Dengan menganggap bahwa ujung penangkal semu (fictie) berimpit dengan titik 3, dikonstruksikan daerah perlindungannya untuk tiang penangkal petir 2 dan 3 dengan ketinggian yang sama h_2 dan terletak pada jarak a' sehingga daerah perlindungannya h_0 -nya menjadi :

$$h_0 = h_2 - a'/7 \text{ untuk } h_2 < 30 \text{ meter} \quad (8)$$

$$h_0 = h_2 - a'/7p \text{ untuk } h_2 > 30 \text{ meter} \quad (9)$$

2.3.2.3. Radius Perlindungan Untuk lebih dari Dua Runcingan Penangkal Petir

Untuk keadaan ini disusun konstruksi dengan cara bagian luar daerah perlindungan dikonstruksikan seperti daerah perlindungan dua runcingan penangkal. Bagian dalam daerah perlindungannya untuk beberapa tiang di tetapkan sebagai berikut :

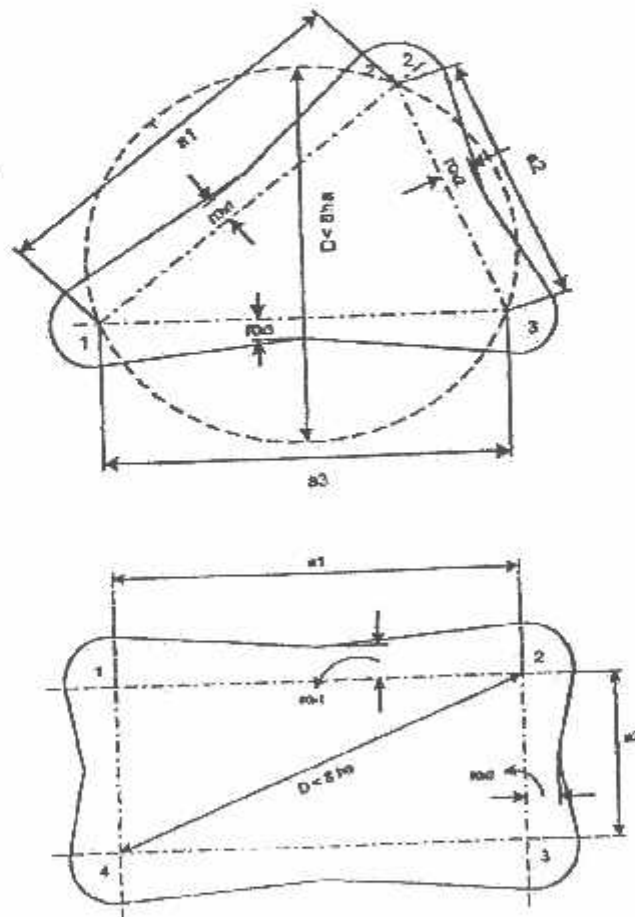
Obyek dengan tinggi h_x terletak didalam segitiga atau segi empat yang dibentuk oleh runcingan-runcingan penangkal petir, akan aman apabila diameter dari lingkaran yang melalui titik-titik ujung penangkal (atau diagonal segi empat yang terletak pada sisi-sisi runcingan penangkal

petir) tidak lebih besar dari 8 kali tinggi aktif ($h_a = h - h_x$) atau suatu obyek dengan tinggi h_x akan aman apabila :

$$D \leq 8 \cdot (h - h_x) \quad (10)$$

Daerah perlindungan untuk level h_x dari tiga dan empat runcingan penangkal diperlihatkan pada gambar 9 dibawah ini. Cara diatas, bila dipakai untuk lokasi yang luas dengan beberapa penangkal, dapat disusun kelompok-kelompok, tiap kelompok terdiri dari tiga runcingan penangkal yang berdekatan. Bila tinggi runcingan penangkal > 30 meter, kondisi perlindungannya pada level h_x akan menjadi :

$$D \leq 8 \cdot (h - h_x) \cdot p \quad (11)$$



Gambar 9. Radius Perlindungan Lebih Dari Dua Penangkal Petir *)

*¹) M. P. Chourasia, High Voltage Engineering, Khanna Publishers, 2-B Nath Market, Delhi-6, 1979, Halaman 432-433.

2.4. Instalasi Penangkal Petir

2.4.1. Bagian-bagian Instalasi Penangkal Petir

2.4.1.1. Penangkap

Penangkap-penangkap petir dapat berupa batang-batang logam runcing, atau kawat hantaran penangkap horizontal. Penangkap-penangkap petir tersebut harus dipasang pada tempat-tempat yang paling besar kemungkinannya terkena sambaran.

2.4.1.2. Hantaran Penangkap

Hantaran penangkap adalah hantaran disepanjang hubungan atau menyusuri bagian tepi atap yang dipasang horizontal atau mendatar.

2.4.1.3. Hantaran Turun

Hantaran turun berfungsi untuk menghubungkan penangkap dengan elektroda tanah. Hantaran turun dipasang sepanjang hubungan atau bagian tepi atap dan sudut atau sisi bangunan turun menuju kebawah (ke tanah).

2.4.1.4. Sambungan-sambungan

Yaitu sambungan-sambungan las, klem dan sebagainya antara penangkap dengan hantaran turun, antar hantaran atau hantaran dengan elektroda tanah.

2.4.1.5. Sambungan-sambungan Ukur

Sambungan ini dibuat dalam saluran turun dan mudah dijangkau serta dapat dilepas untuk pengukuran tahanan pentanahan elektroda

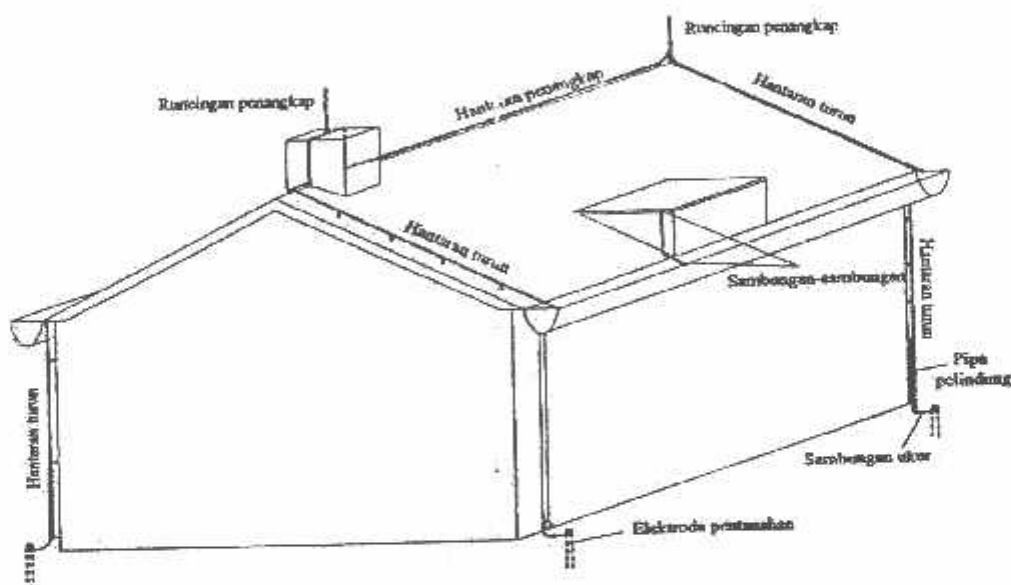
tanahnya. Biasanya sambungan-sambungan ukur ini ditempatkan dalam suatu bak kontrol.

2.4.1.6. Pipa Pelindung

Pipa pelindung berfungsi untuk melindungi hantaran yang masuk ke dalam tanah agar tidak membayakan pada saat terjadi arus pelepasan.

2.4.1.7. Pentanahan

Terdiri dari saluran pentanahan elektroda pentanahan.



Gambar 10. Bagian-bagian Instalasi Penangkal Petir *)

*) P. Van Harten, Instalasi Arus Kuat II. Binacipta, Bandung, 1981, Halaman 250.

2.4.2. Persyaratan Teknis Instalasi Penangkal Petir

Dalam merencanakan suatu instalasi penangkal petir harus memperhatikan persyaratan teknis instalasi penangkal petir yang telah

diatur dan ditetapkan dalam buku “Pedoman Perencanaan Penangkal Petir” yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, meliputi :

2.4.2.1. Persyaratan Umum

- a. Pada perencanaan dan pemasangan instalasi penangkal petir, tanpa mengabaikan keserasian arsitektur, perhatian utamanya harus diperolehnya nilai perlindungan terhadap bahaya sambaran petir yang efektif.
- b. Setiap pemasangan instalasi penangkal petir harus dilengkapi dengan gambar perencanaan yang meliputi gambar beserta keterangan terinci sehingga dapat digunakan sebagai pegangan untuk perencanaan, pemasangan, pengujian dan pemeliharaan dari instalasi tersebut.
- c. Suatu instalasi penangkal petir akan berfungsi sebagaimana mestinya serta dapat diandalkan jika direncanakan dan dikerjakan dengan baik oleh tenaga ahli dalam bidang ini. Perencanaan instalasi penangkal petir harus memenuhi persyaratan yang berlaku dan pemasangannya harus diawasi dengan cermat agar apa yang direncanakan dapat terwujud dengan yang disyaratkan.
- d. Pengamanan suatu bangunan atau obyek terhadap sambaran petir pada hakekatnya adalah suatu penyediaan sistem yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, sehingga jika terjadi sambaran petir maka sarana inilah yang akan menyalurkan arus petir kedalam tanah dengan aman tanpa menimbulkan bahaya bagi

manusia atau benda yang berada didalam, diluar atau disekitar bangunan.

- e. Instalasi penangkal petir akan berfungsi dengan baik untuk dalam jangka waktu yang lama jika secara berkala diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan. Untuk setiap perluasan atau penambahan bangunan maka instalasi penangkal petir haarus discsuaikan dengan adanya perubahan tersebut.

BAB III

TEORI PERENCANAAN INSTALASI PENANGKAL PETIR

3.1. Perencanaan Instalasi Penangkal Petir

Di dalam perencanaan instalasi penangkal petir harus diuraikan dengan jelas :

- a. Macam, fungsi dan bagian dari bangunan, ukuran denah bangunan, hubungan dan bentuk kemiringan dari atap.
- b. Jenis dari atap bangunan, misal dari esbes, genteng, beton, alumunium dan lain-lain.
- c. Penghantar penyalur (penghantar tegak, penghantar mendatar).
- d. Sistem pembumian dengan sambungan dan sambungan ukur.
- e. Jika ada harus disebutkan juga :
 - 1) Bagian-bagian lain yang ada diatas atap dengan jenis bahanya, misalnya : bangunan lift, cerobong, antena, papan reklame dan lain-lain.
 - 2) Bagian-bagian logam atau diatas atap, misalnya : talang air pentutup-penutup dari logam dan lain-lain.
 - 3) Bagian-bagian logam yang besar yang ada atau didalam bangunan atau didekat bangunan, misal : pipa talang hujan, piap-pipa gas, air atau uap, tangki besar, tangga besi, kerangka lifl, peralatan mesin-mesin dan lain-lain.
 - 4) Peralatan-peralatan listrik : tiang listrik diatas (sambungan udara tegangan rendah dirumah).

- 5) Tempat-tempat kerja yang mempunyai kemungkinan bahaya ledakan, kebakaran dan lain-lain.

f. Perancangan hubungan instalasi penangkal petir dengan pipa-pipa air, gas dan lain-lain.

3.2. Penangkap Petir

- a. Tempat-tempat yang biasanya terkena sambaran petir adalah ujung-ujung runcing dari atap, hubungan, lisplang atap, puncak menara, cerobong asap atau bangunan yang menonjol di atap. Tempat tersebut dengan mempertimbangkan bentuk dan bahan dari atap serta bangunan, dilengkapi dengan suatu runcingan penangkap petir atau kadang-kadang digunakan sebagai penangkap petir.
- b. Runcingan penangkap petir ditempatkan dengan susunan tertentu sedemikian rupa sehingga sedapat mungkin petir dapat ditangkapnya tanpa mengenai bagian-bagian lain yang dilindunginya. Hal ini dapat di penuhi jika tidak ada satu titikpun di permukaan atap yang berkarak lebih dari 7,5 meter dari penangkap petir tersebut. Runcingan penangkap petir yang dipasang sepanjang hubungan dan pada lisplang atap bangunan sudah merupakan penangkap petir yang memadai.

Penghantar sepanjang hubungan harus sampai keujung hubungan tersebut. Penghantar diatas atap juga berfungsi sebagai penyalur petir utama. Penghantar pada lisplang harus sedapat mungkin serapat dengan sisinya. Bangunan lain yang lebih rendah harus dilengkapi dengan runcingan penangkap petir. Menurut kenyataan dari

pengalaman-pengalaman yang ada, ternyata daerah perlindungan dari suatu runcingan penangkap petir yang benar-benar sempurna adalah tidak ada.

- c. Bentuk dan susunan penghantar yang diatas atap sebagai penangkap petir yang diperlukan, didasarkan terutama pada panjang dan lebar bangunan serta beda tinggi antara hubungan atap dengan lisplang. Panjang bangunan di ukur sejajar dengan hubungan dan lebar bangunan arah tegak lurus terhadap arah panjang. Untuk atap yang melingkupi bangunan maka yang diambil adalah ukuran atapnya.
- d. Bagian-bagian logam dari atap dipergunakan sebagai penangkap petir. Jika pada hubungan terdapat logam penutup penutup atau jika pada lisplang terdapat talang hujan dari logam atau jika pada suatu atap datar terdapat logam-logam yang mengelilinginya, maka bagian-bagian logam ini dapat dipergunakan sebagai penangkap petir jika hubungan loga logam tersebut dapat diandalkan secara listrik maupun mekanis. Semua bagian-bagian tersebut harus disambungkan dengan penghantar penyalur petir diatas atap. Disambungkan dengan penyalur petir diatas atap. Untuk suatu atap yang terbuat dari logam jika akan dipergunakan sebagai penangkap petir, maka tebal minimum dari atap adalah 0,5 mm jika terbuat dari tembaga atau minimum 0,8 mm untuk jenis logam yang lain.
- e. Atap dari bahan Folien. (Lembaran Logam Tipis).
Instalasi penangkal petir untuk jenis atap yang terbuat dari bahan diatas adalah sama seperti untuk bangunan dengan atap tanpa bagian

logam. Disini penangkap petir diletakan pada jarak-jarak yang lebih dekat sedemikian rupa sehingga tidak ada satu titik pun pada atap yang berjarak lebih jauh 5 meter dari runcingan penangkap petir.

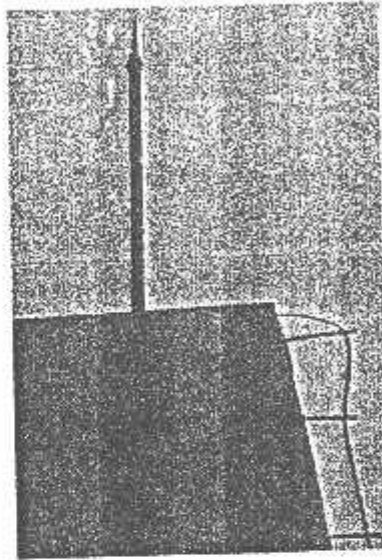
Dudukan logam dari penghantar petir harus dihubungkan dengan folien secara listrik, misalnya dengan pengelasan. Pada tempat-tempat kemungkinan terjadi sambaran petir seperti pada hubungan harus ditambahkan batang runcingan berdiri tegak panjang 12 cm dengan jarak sekitar 5 meter.

f. Bangunan-bangunan dengan atap runcing dengan genteng keras .

Bangunan-bangunan jenis ini diperbolehkan memasang penghantar penghubung dibawah atap dengan syarat penghantar tersebut harus dapat diperiksa. Akan tetapi pemasangan ini tidak diperbolehkan jika dibawah atap terdapat lapisan atau bahan-bahan yang mudah terbakar. Jika penghantar penghubung dipasang dibawah atap maka penangkal petirnya berupa batang tegak dengan ujung runcing dari bahan-bahan runcingan penangkap petir sekitar 4 sampai 5 meter dengan panjang minimum 30 cm diatas permukaan atap. Selain persyaratan diatas maka setiap ujung hubungan harus dipasang penangkal petir. Tentang penampang penghantar, bahan sambungan-sambungan, jumlah dan susunan dari penangkal petir serta penghantar penghubung harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan sesuai dengan uraian 4 tentang bahan untuk penghantar dan pembumian.

g. Atap bangunan terdapat bangunan kecil.

Untuk atap-atap dengan bangunan kecil di atasnya seperti cerobong asap, bangunan lift, dudukan reklame, antena, lampu indikator dan lain-lain. Jika terbuat dari logam dapat dipergunakan sebagai penangkap petir dan dihubungkan ke penghantar penyalur petir. Tetapi jika bukan logam maka harus dipasang penangkal petir.



Gambar 11. Penangkal Petir.

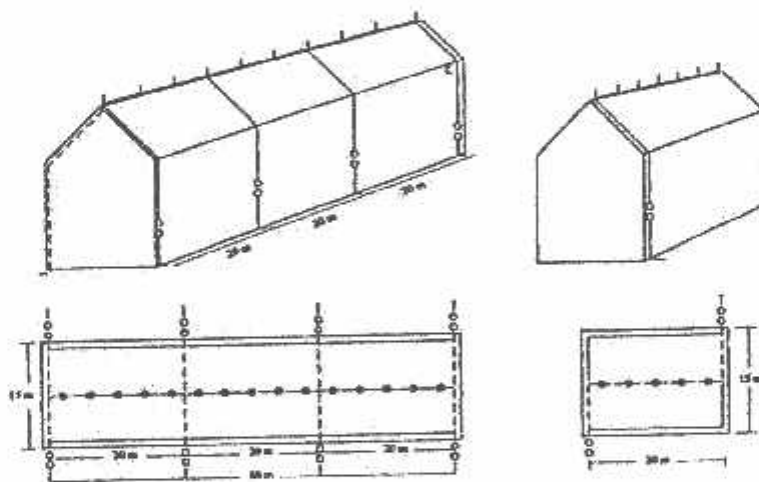
3.3. Penghantar Penyalur Petir.

- a. Setiap bangunan paling sedikit harus mempunyai dua buah penghantar penyalur petir.
- b. Untuk bangunan dengan lebar lebih dari 12 meter diperlukan paling sedikit 4 buah penghantar penyalur petir.
- c. Jika panjang bangunan lebih dari 20 meter diperlukan lagi tambahan sebuah penghantar penyalur petir berikutnya untuk setiap mulai kelebihan panjang dari 20 meter. Tambahan ini cukup pada salah satu sisi saja jika lebar bangunan kurang dari 12 meter, tetapi untuk lebar bangunan lebih dari 12 meter harus di pasang pada kedua sisi.

d. Demikian pula berlaku untuk bangunan dengan lebar lebih dari 20 meter diperlukan tambahan sebuah penghantar penyalur petir pada kedua sisi untuk setiap kelebihan lebar dari 20 meter.

Dalam hal ini bentuk bangunan denah rumah yang tidak tertentu misalnya panjang dan lebar pada masing-masing sisi tidak sama, maka ditentukan dengan mengelilingi bangunan untuk setiap jarak 20 meter di pasang sebuah penghantar penyalur petir.

Jarak-jarak penghantar penyalur petir tidak harus tepat 20 meter, tetapi dapat lebih atau kurang dan disesuaikan dengan bentuk bangunan, tetapi jumlah seluruh penghantar penyalur yang diperlukan harus dipenuhi.



Gambar 11. Pemasangan Penghantar Penyalur Utama*¹⁾

*¹⁾ DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit Pu, Jakarta, 1987, Halaman 33.

e. Penghantar penyalur petir utama sedapat mungkin simetris disesuaikan dengan denah dasar bangunan dan diatur sedemikian rupa

sehingga berbentuk alur penghantaran yang baik dengan jarak yang pendek ke instalasi pembedahan. Penghantar-penghantar tanah ini jika dilihat dari atas akan berbentuk Z untuk penggunaan 2 penghantar penyalur dan berbentuk H untuk penggunaan 4 penghantar penyalur.

- f. Penghantar penyalur petir tidak diperbolehkan diletakkan didalam pipa talang air hujan.
- g. Penghantar dari atap dari penghantar penyalur petir pada dinding harus diletakkan pada penyangga dan diperkuat, sehingga tahan terhadap goncangan angin, arus petir dan gangguan lain.

Konstruksi penyangga harus kuat dan tidak mudah rusak dan terbuat dari bahan yang sama dengan bahan dari penghantar yang didukungnya. Jika dipergunakan bahan yang berbeda, harus diberi suatu lapisan pelindung anti korosi, karena korosi dapat diakibatkan oleh pengaruh kelembaban pada kontak antara bahan yang berbeda.

- h. Pada semua penghantar penyalur petir utama dan Bantu yang disambungkan dengan sistem pembedahan harus disediakan sambungan ukur yang dapat dijangkau untuk pengukuran tahanan pembedahan, misalnya dibuatkan suatu kotak sambungan (bak kontrol). Sambungan ukur tersebut harus tetap dengan mudah dapat dibuka dan disambungkan lagi dengan baik meskipun lama dipasang.
- i. Penghantar penyalur petir pembantu jika dekat dengan penghantar petir utama, sedapat mungkin dihubungkan, jika tidak maka harus dibumikan pada sistem pembedahan yang ada.
- j. Penyangga penghantar penyalur petir.

Penghantar-penghantar penyalur diletakan pada penyangga dengan konstruksi yang harus benar-benar kuat dan tidak mudah rusak. Sekrup dan paku pada penyangga sebaiknya dari bahan-bahan yang sama dengan penghantar penyalur untuk menghindari terjadinya korosi.

Untuk pemilihan hantaran kawat penyalur arus pelepasan petir dapat menggunakan rumus empiris dibawah ini, dimana luas penampang minimum adalah :

1). Untuk sambungan yang dilas

$$A = 12,15.10^{-3} \times I \sqrt{t} \quad (12)$$

2). Untuk sambungan yang di sekrup

$$A = 15,7.10^{-3} \times I \times \sqrt{t} \quad (13)$$

Keterangan :

A = Luas Penampang

I = Arus gangguan (Ampere)

T = Lamanya gangguan (detik)

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus diatas didapat diketahui besarnya penampang dari penghantar berdasarkan table 8 daftar ukuran hantaran kawat dibawah ini :

Tabel 8. Daftar Ukuran Hantaran Kawat Terpiin *)

No (1)	Ukuran Penghantar (2)	Konstruksi (3)
1	10 mm ²	7 x 1,35 mm ø
2	16 mm ²	7 x 1,70 mm ø
3	25 mm ²	7 x 2,14 mm ø

3	35 mm ²	7 x 2,25 mm ø
5	50 mm ²	19 x 1,87 mm ø
6	70 mm ²	19 x 2,14 mm ø
7	95 mm ²	19 x 2,52 mm ø
8	120 mm ²	19 x 2,85 mm ø
9	150 mm ²	37 x 2,25 mm ø
10	185 mm ²	37 x 2,52 mm ø
11	240 mm ²	61 x 2,52 mm ø
12	300 mm ²	61 x 2,50 mm ø
13	400 mm ²	91 x 2,37 mm ø

*¹) TEDC, Instalasi Listrik, Th I, Bandung, 1982.

Sedangkan pemilihan bahan sesuai dengan peraturan didalam pedoman perencanaan instalasi penangkal petir Departemen Pekerjaan Umum dibawah ini.

3.4. Bahan Untuk Penghantar dan Pembumian

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan komponen-komponen dari suatu instalasi enangkal petir harus dipilih sesuai dengan daftar bahan table dibawah ini. Penentuan bahan dan ukuranya ditentukan berdasarkan bebrapa faktor dibawah ini :

- 1) Ketahanan mekanis.
- 2) Ketahanan terhadap panas.
- 3) Ketahanan terhadap pengaruh kimia terutan korosi.
- 4) Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan lain.

Untuk komponen-komponen yang berada diatas tanah diperkenankan dipakai dari jenis bahan alumunium, dan besi yang telah digalvanis. Dalam hal penggunaan suatu penghantar yang dipilin untuk penghantar diatas tanah maka jenis penghantar pilin dari tembaga yang dipilih, Karena memiliki ketahanan korosi yang tinggi.sedangkan komponen

yang ditanam didalam tanah pada umumnya dipakai besi yang telah digalvanis karena mempunyai umur pakai yang lama.

Tabel 9. Jenis Bahan dan Ukuran Terkecil *)

No (1)	KOMPONEN (2)	BAHAN (3)	BENTUK (4)	UKURAN (5)
1. 11. 111	Pengkap Petir Pengkap petir tegak Kepala dengan dudukan	Tembaga Baja galvanis Aluminium	Pejal runcing Pejal runcing Pejal runcing	Ø 1" (dudukan dari bahan yang sama) Ø 1" dari pipa Ø 1"
1.1.2	Batang tegak	Tembaga Baja galvanis Aluminium	Silinder pejal Pita pejal Pipa silinder Pipa pejal Silinder pejal Pipa ejal	Ø 10" mm 25 mm x 3 mm Ø 1" 25 mm x 3 mm Ø 1" 25 mm x 4 mm
1.2.	Penangkap petir batang pendek	Tembaga Baja galvanis Aluminium	Silinder pejal Pita Pejal Silinder pejal Pita Pejal Silinder pejal Pita Pejal	Ø 8 mm 25 mm x 3 mm Ø 8 mm 25 mm x 4 mm Ø 1,5 "
1.3.	Penangkap petir datar	Tembaga Baja galvanis	Silinder pejal Pita pejal Pilin Silinder pejal Pita pejal	25 mm x 4 mm Ø 8 mm 25 mm x 3 mm 50 mm ² Ø 0,5"
2.	Penghantar penyalur utama	Tembaga Baja galvanis Aluminium	Silinder pejal Pita pejal Pilin Silinder pejal Pita pejal Silinder pejal Pita pejal	25 mm x 4 mm Ø 8 mm 25 mm x 3 mm 50 mm ² Ø 8 mm 25 mm x 3 mm Ø 0,5"
3.	Elektroda pembedaan	Tembaga Baja galvanis	Silinder pejal Pita pejal Silinder pejal Pita pejal	25 mm x 4 mm Ø 0,5" 25 mm x 4 mm Ø 0,5" 25 mm x 4 mm

*) DPU, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit, Pu, Jakarta, 1987, Halaman 28.

3.5. Syarat Instalasi Penangkal Petir untuk Atap Datar

Yang dimaksud dengan atap datar adalah bangunan-bangunan yang mempunyai selisih tinggi antara bangunan dengan lisplang lebih kecil dari 1 meter atau benar-benar datar (gambar 12).

- a. Sistem pengamatan yang terbaik untuk bangunan seperti ini (ber-atap datar), terhadap sambaran petir adalah dengan prinsip Sangkar Faraday dengan penghantar-penghantar penyalur utama mendatar dipasang dibagian teratas dari bangunan yang seolah-olah membentuk sangkar pelindung, untuk melindungi bangunan tersebut dari sambaran petir. Penghantar penyalur utama tersebut berfungsi sebagai penangkal petir sehingga bagian-bagian lain dari atap bangunan akan terlindungi.

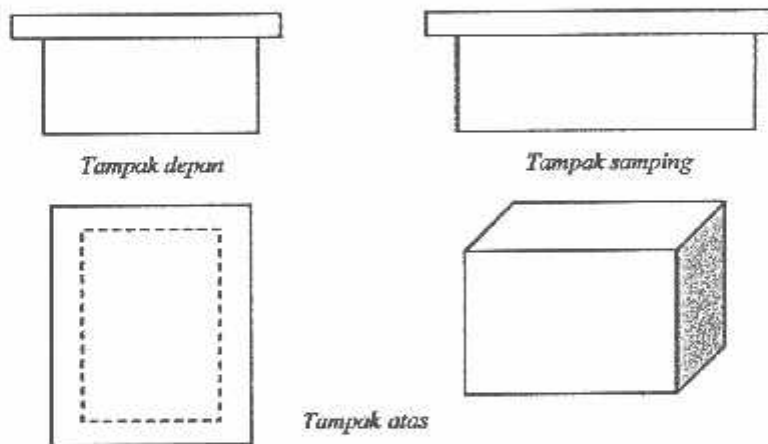
Jarak maksimum antara jarak bangunan dengan penghantar mendatar yang terdekat adalah 7,5 meter, atau jarak maksimum antara 2 penghantar mendatar yang sejajar adalah 15 meter. Untuk memperbaiki sistem faraday ini, perlu ditambahkan beberapa penangkap petir pendek (finial) pada bagian-bagian ujung, sisi, bagian-bagian dari atap bangunan yang diperkirakan mudah disambar petir. Finial-finial ini dihubungkan secara listrik dengan penghantar mendatar yang terdekat. Untuk finial yang dipasang pada penghantar yang mendatar, jarak maksimum antara dua buah finial yang berdekatan adalah 5 meter, dengan tinggi finial minimal 20 cm.

- b. Penghantar-penghantar mendatar harus dipasang sepanjang tepi, sudut-sudut dan bagian runcing dari atap bangunan. Bila pada atap terdapat bagian yang menonjol, maka bagian tersebut harus dilindungi dengan penghantar mendatar yang dipasang sepanjang tepi dan sudutnya, atau

dilengkapi dengan penangkap petir tegak, sehingga bagian tersebut terlindungi.

- c. Bila bangunan tersebut terdiri dari bangunan utama dan bangunan yang bagianya ada diluar daerah perlindunganya penangkal petir di bangunan utama, maka bangunan itu harus dilengkapi dengan penghantar mendatar yang dihubungkan secara listrik dengan penghantar penyalur dari bangunan yang terdekat.

Tetapi bila jarak atap bangunan bagian dengan bangunan utama lebih besar 5 meter, maka bangunan itu harus dilengkapi dengan sistem Faraday tersendiri terpisah dari bangunan utama, hanya sistem pembumianya dapat digabung dengan yang utama.



Gambar 13. Bentuk Bangunan dengan atap datar*¹⁾

*¹⁾ DPU, Pedoman Penangkal Petir, Yayasan Badan Penerbit, PU, Jakarta, 1987, Halaman 32-33.

3.6. Pentanahan

3.6.1. Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan merupakan tindakan pengamanan terhadap keadaan tak normal, salah satunya yang berfungsi sebagai sarana mengalirkan arus petir kedalam tanah. Hal yang perlu diperhatikan dalam Perencanaan sistem pentanahan adalah tidak timbulnya bahaya tegangan langkah dan tegangan sentuh.

Agar sistem pentanahan dapat bekerja efektif, maka syarat-syarat penatanahan berikut harus dipenuhi :

- a. Membuat jalur impedansi ke tanah.
- b. Dapat menyebabkan gangguan arus ketanah secara menyebar.
- c. Menggunakan elektroda tanah yang tahan terhadap korosi, terhadap pengaruh kimia tanah sehingga menjamin kontinuitas pengamanan sepanjang umur obyek.
- d. Menggunakan bahan yang tahan terhadap pengaruh mekanis.

Adapun faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan sehingga jalur rendah dapat tercapai adalah :

- a. Jenis dan keadaan tanah (tahanan jenis tanah)
- b. Elektroda pentanahan yang digunakan.

3.6.2. Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah merupakan faktor keseimbangan antara tahanan pengetanahan dan kapasitansi sekelilingnya, dan direpresentasikan dengan ρ . Besar nilai tahanan jenis tanah berbeda-beda, hal ini disebabkan karena :

a. Keadaan susunan tanah, yang antara lain yaitu :

- 1) susunan geologi, seperti batu, tanah liat, pasir dan lain sebagainya.
- 2) Susunan kimiawi, seperti : kadar garam dan kandungan mineral lainnya.
- 3) Lapisan tanah : berlapis, tipis dengan tahanan jenis berlainan.

b. Keadaan iklim (basah atau kering).

Pada kenyataanya sering di coba suatu cara untuk mengubah komposisi kimia tanah dengan memberikan garam pada tanah dekat elektroda pentanahan, dengan tujuan untuk mendapatkan tahanan jenis tanah (ρ) yang rendah. Akan tetapi cara ini hanya bersifat sementara, sebab proses penggaraman harus dilakukan secara periodik, sedikitnya enam bulan sekali.

Cara lain yang dapat dilakukan untuk mengubah tahanan jenis tanah yaitu dengan memberi air atau membasahi tanah tersebut. Pada table 10 di bawah ini dapat dilihat nilai rata-rata tahanan jenis tanah dari bermacam-macam jenis tanah.

Tabel 10. Harga Tahanan Jenis Tanah ^{*}

1	2	3	4	5	6	7
Jenis Tanah	Tanah rawa	Tanah liat dan ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan kerikil basah	Tanah berbatu
Resistan Jenis (Ωm)	10-40	20-100	50-200	200-500	<1000	3000

^{*} Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, Halaman 80.

Oleh karena itu untuk menganalisa besarnya tahanan jenis tanah (ρ) dari keadaan yang tampak saja sangatlah sulit dan hasilnya kurang meyakinkan./ salah satu cara yang efektif untuk mengetahui besarnya tahanan jenis tanah disuatu tempat tertentu adalah diadakan beberapa kali pengukuran setempat.

2.6.3. Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam didalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Penggunaan elektroda tanah pentanahan biasanya dari bahan tembaga, besi baja maupun baja yang digalvanis sehingga tahan terhadap korosi.

Elektroda pentanahan yang digunakan untuk pentanahan harus memiliki kekuatan mekanis, tahan terhadap pengaruh kimiawi dan perubahan iklim, mengingat pemilihan elektroda pentanahan harus memperhatikan dari kondisi setempat, sifat tanah, dan tahanan pentanahan yang diperkenankan.

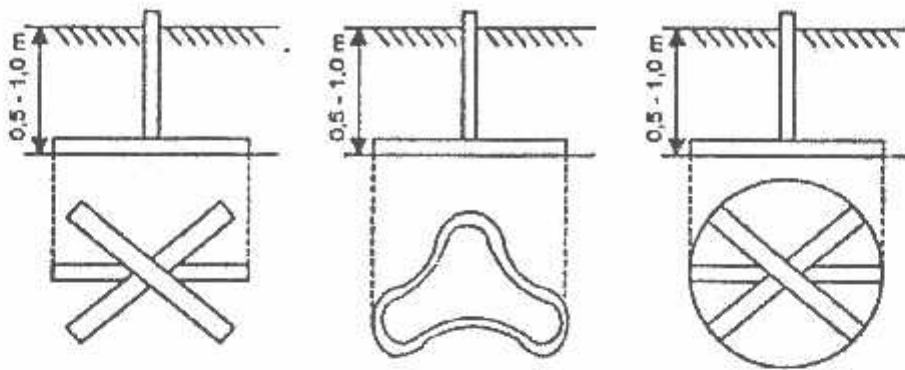
Adapun jenis-jenis elektroda pentanahan tersebut yaitu :

a. Elektroda Pita

Elektroda pita adalah elektroda yang terbuat dari penghantar pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal.

Elektroda ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala atau kombinasi dari bentuk-bentuk tersebut (tampak pada

gambar 12), yang ditanam sejajar dengan permukaan tanah sedalam 0,5 – 1,0 meter.



Gambar 14. Cara Pemasangan Elektroda Pita

*¹) Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, Halaman 80.

Penanaman elektroda pita sedalam 0,5 – 1,0 meter dilakukan jika kondisi tanah mengijinkan pengaruh kelembaban lapisan tanah terhadap tahanan pentanahan agar diperhatikan. Panjang elektroda pentanahan agar disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang dibutuhkan, mengingat tahanan pentanahan elektroda pita sebagian besar tergantung pada panjang elektroda tersebut dan sedikit tergantung pada luas penampangnya.

b. Elektroda batang

Elektroda batang adalah besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang dipancangkan kedalam tanah. Penanaman elektroda batang dimasukan tegak lurus kedalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang diperlukan.

Jika beberapa elektroda diperlukan untuk memperoleh tahanan pentanahan yang rendah, jarak antar elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya, jika elektroda tersebut tidak bekerja efektif pada

seluruh panjangnya, maka jarak minimum antar elektroda harus dua kali penjang efektifnya.

c. Elektroda Plat

Elektroda plat adalah elektroda dari bahan plat logam utuh atau berlubang. Pada umumnya elektroda plat ditanam tegak lurus atau sejajar secara dalam. Sisi atau plat harus terletak minimum 1 meter dibawah permukaan tanah.

Jika diperlukan beberapa pelat loga untuk memperoleh tahan pentnahan yang lebih rendah, maka antara plat logam jika dipasang parallel dianjurkan minimum 3 meter.

Ukuran minimum elektroda dapat dipilih berdasarkan table 11 dibawah ini :

Tabel 11. Ukuran minimum Elektroda Pentanahan ^{*}

No	Bahan Jenis Elektroda	1	2	3
		Baja di Galvanis dengan proses Pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda Pita	Pita baja 100 mm ² setebal minimum 3 mm	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm ² tebal minimum 2 mm
		Penghantar pilin 95 mm ²		Penghantar Pilin 35 mm ² bukan kawat halus
		1	2	3
3	Elektroda plat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 mm ² sampai 1mm ²		Pelat tembaga tebal 2 mm, luas 0,5 m ² sampai 1m ²

^{*})Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, Halaman 82.

3.6.4. Tahanan Pentanahan

Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, bahwa tahanan pentanahan dari elektroda pentanahan tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta ukuran dan cara pengaturan atau pemasangan elektroda.

Tabel 12 dibawah ini menunjukkan haraga rata-rata dari tahanan pentanahan untuk ukuran elektroda tertentu pada tahanan jenis tanah liat dan ladang $\rho_l = 100$ ohm-meter

Tabel 12. Resistans Pembumian Pada Resistans Jenis $\rho_l = 100$ ohm meter ^{*}

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis elektroda	Pita atau Penghantar pilin				Batang atau pipa				Pelat vertical dengan sisi atas \pm 1m dibawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m ²)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0,5 x 1	1 x 1
Resistansi pembumian (Ω)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

^{*}) Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, Halaman 81.

Keterangan :

1. Untuk mencapai tahanan pentanahan sebesar 5 ohm pada tanah liat atau tanah ladang dengan jenis 100 Ω meter, maka diperlukan sebuah elektroda pita yang panjangnya 50 meter atau 4 buah elektroda batang yang panjangnya masing-masing 5 meter. Jarak antara elektroda-elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya.
2. Untuk tahanan jenis yang lain (ρ), maka besar tahanan pentanahan adalah perkalian nilai diatas (dalam table 10) dengan :

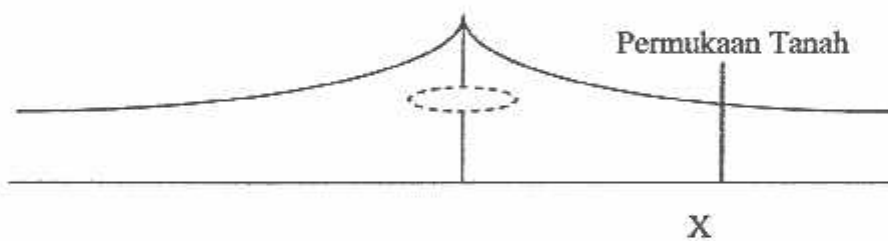
$$\frac{\rho}{\rho} \text{ atau } \frac{\rho}{100} \quad (14)$$

misal : pada kondisi tanah pasir basah yang memiliki tahanan jenis 200 Ω meter dengan memakai elektroda pita sepanjang 100 meter, maka menghasilkan pentanahan sepanjang 6 ohm.

$$\frac{200}{200} \times 3 = 6 \text{ ohm}$$

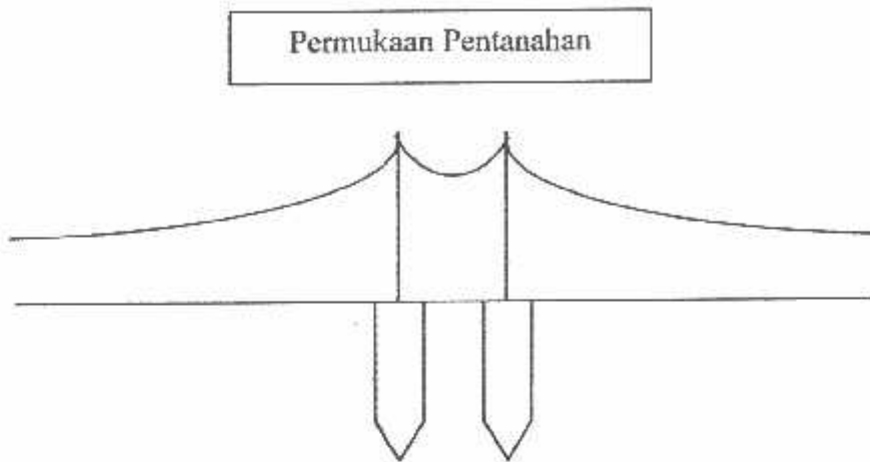
3.6.5. Pentanahan rood (Elektroda Batang)

Pada pentanahan elektroda batang distribusi tegangan yang terjadi untuk satu batang elektroda dan dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus kedalam tanah tampak pada gambar dibawah ini, dimana arus kesalahan mengalir dari elektroda tersebut ke tanah sekitarnya.



Gambar 15. Distribusi Tegangan Satu Batang Elektroda *)

*) Heri Suwongko, SST, Instalasi Tegangan Menengah, hal 88



Gambar 16. Distribusi Tegangan Dua Batang Elektroda*)

*) Heri Suwongko, SST, Tegangan Menengah. Hal 88.

Dengan demikian untuk jumlah elektroda yang lebih banyak yang ditanam tegak lurus kedalam tanah maka tahanan pentanahan semakin kecil dan distribusi tegangan akan lebih merata.

3.6.5.1. Satu Batang Elektroda Tegak Lurus kedalam Tanah

Dari suatu konduktor terdapat hubungan antara tahanan dan kapasitansi sebesar :

$$R = \rho / 2\pi C \quad (15)$$

Dimana : R = tahanan (ohm)

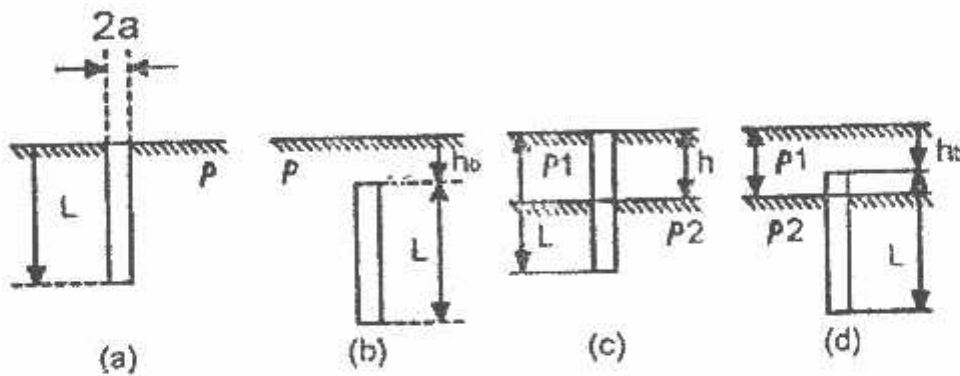
ρ = Tahanan jenis tanah tiap lapisan (ohm - m)

C = Kapasitansi (Statt Farad)

Dalam pentanahan, elektroda pentanahan merupakan bahan penghantar yang membawa muatan listrik yang terdistribusi (menyebar) disekeliling elektroda pentanahan. Dengan cara seperti ini potensial

disetiap tempat pada permukaan elektroda akan sama. Bila pada elektroda tersebut diberikan muatan yang merata, maka kapasitansi dapat dihitung dengan metode potensial rata-rata. Hasil yang didapatkan untuk satu batang elektroda berbentuk silinder yang ditanam seluruhnya didalam tanah dinyatakan dengan persamaan :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{L} \left(\ln \frac{aL}{A} - 1 \right) \quad (16)$$



Gambar 17. Satu Batang Elektroda Tegak Lurus kedalam Tanah *¹

*¹ Heri Suwongko, SST, Instalasi Tegangan Menengah. Halaman 89.

Untuk menghitung besarnya tahanan pentanahan dengan menggunakan satu elektroda pentanahan dapat dilakukan berdasarkan rumus berikut ini, dimana untuk gambar (a) sebagai berikut :

$$R_{dt} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \quad (17)$$

Untuk elektroda batang yang ditanam tegak lurus dan pada kedalaman beberapa cm dibawah permukaan tanah (gambar b) berlaku hubungan :

$$R_{dt} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{a} \right) - 1 \right] \quad (18)$$

Untuk gambar (c) satu batang elektroda tegak lurus kedalam tanah, dan menembus lapisan kedua tanah tersebut, hal ini berlaku persamaan :

$$R_{d1} = r_a = \frac{\rho_2}{2\pi L} \left[\ln \left[\frac{4L}{a} \right] - 1 \right] \quad (19)$$

Untuk gambar (d) satu batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah, pada kedalaman beberapa cm dibawah permukaan tanah dan menembus lapisan kedua tanah tersebut. Hal ini berlaku persamaan :

$$R_{d1} = R_b = \frac{\rho_1}{2\pi(h-h_b)} \left[\ln \left(\frac{2L}{a} \right) - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2)h_b}{L}} \right] = \frac{\rho}{h} \Phi_0 \quad (20)$$

$$\Phi_0 = \frac{\frac{1}{2\pi} \left(\ln \frac{1}{1-K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_0} - 1 \right)^2 + 1}}$$

$$F_0 = \frac{L}{1 - 0,9K}$$

Keterangan :

R_{d1} : Tahanan untuk satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus permukaan tanah (ohm).

L : Panjang elektroda batang (meter)

a : Jari-jari batang elektroda (m)

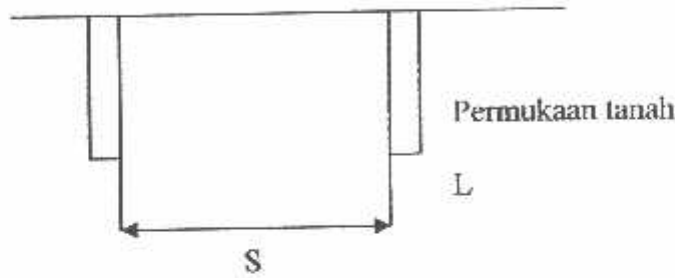
ρ : Tahanan jenis tanah rata-rata (ohm-m)

(indeks 1 atau 2 menunjukkan lapisan tanah)

H_b : Kedalaman penanaman elektroda (meter).

3.6.5.2. Dua Batang Tegak Lurus ke dalam tanah

Pemakaian dua batang elektroda batang untuk mengurangi nilai tahanan pentanahan. Susunan dua batang elektroda berbentuk silinder dengan panjang L yang ditanam tegak lurus kedalam tanah dengan jarak antara kedua elektroda tersebut sebesar S terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 18. Dua Batang Elektroda ditanam Tegak lurus ke dalam tanah*)
 *) Heri Suwongko, SST, Instalasi Tegangan Menengah, Halaman 89.

Rumus tahanan pentanahan untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus kedalam tanah adalah :

$$R_{d2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(\frac{L}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \dots \right) \quad (21)$$

Untuk $S > L$

$$R_{d2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - 2 + \frac{S^2}{16L^2} - \frac{S^4}{512L^4} + \dots \right) \quad (22)$$

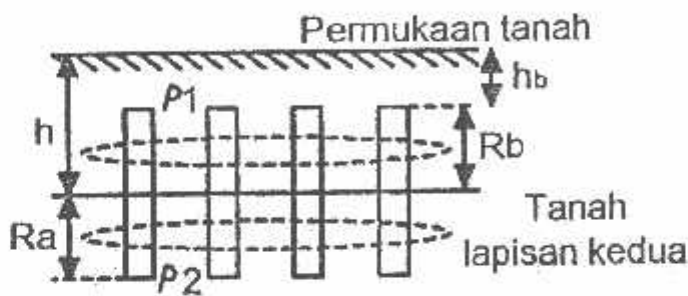
Untuk $S < L$

Keterangan : S = Jarak antara kedua elektroda (meter)

2.6.5.3. Beberapa Batang Elektroda (multiple – Rod)

Bila tahanan pentanahan yang dikehendaki tidak dapat dicapai dengan menggunakan elektroda batang tunggal atau dua elektroda maka beberapa elektroda dapat dipergunakan. Jika susunan batang-batang

elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah dalam jumlah yang lebih banyak, maka tahanan pentanahan akan menjadi semakin kecil dan distribusi tegangan pada permukaan tanah akan lebih merata. Penanaman elektroda yang tegak lurus kedalam tanah dapat berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang dengan jarak antara batang elektroda pentanahan adalah sama seperti pada gambar berikut



Gambar 19. Beberapa Batang Elektroda Tegak Lurus *)

*) Heri Suwongko, Instalasi Tegangan Menengah, Halaman 89.

Nilai tahanan pentanahan untuk beberapa elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah dimana Rod menembus lapisan tanah paling bawah/kedua, dihitung dengan mengikuti persamaan berikut :

$$R_i = \frac{1}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b}} \quad (23)$$

R_i adalah tahanan elektroda batang (rod)

$$g_o = \frac{1}{2\pi} \left[\ln\left(\frac{2L}{a}\right) - 1 + \frac{\ln 2}{1 + \frac{(4 \ln 2) h_b}{L}} \right]$$

$$R_a = \frac{\rho_2}{(L + h_b - h)} g_o \frac{F_o}{N}$$

$$R_b = \frac{\rho_1}{(h - h_b)} g_o \frac{F_o}{V} + \frac{\rho_1}{h} \Phi_o$$

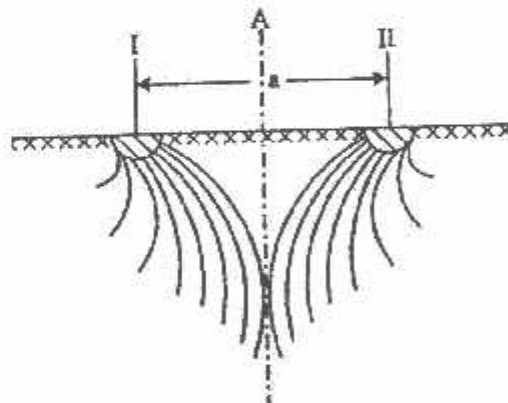
$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \rightarrow F_o = \frac{L}{I - 0,9K}$$

$$\phi_o = \frac{\frac{1}{2\pi} \left(Ln \frac{1}{1-K} \right)}{\sqrt{\left(\frac{N}{F_o} - 1 \right)^2 + 1}}$$

Keterangan :

R_a dan R_b : Tahanan berdasarkan posisi elektroda (tampak pada gambar).

Jika banyaknya elektroda batang yang dipakai sebanyak n buah dengan faktor sekat, maka perhitungannya adalah sebagai berikut. Pada gambar di bawah ini menunjukkan dua batang elektroda yang ditanam dengan jarak (a) .



Gambar 20. Medan Listrik dari Dua Elektroda yang di letakan pada jarak

$a^*)$ M.P. Chourashia, High Voltage Engineering, Khanna Publishers, 2-B

Nath Market, Delhi-6, 1979, Halaman 455.

Arus akan mengalir jika semua elektroda paralel yang dibagi menurut jumlah elektroda dan masing-masing sebesar $\frac{1}{2}$, sehingga tegangan potensial pada elektroda tersebut adalah $V = V_1 = V_n$. Arus ini tidak dapat melalui bagian AB, karena AB seolah-olah berfungsi sebagai sekat (screen) sehingga arus akan berputar pada masing-masing elektroda. Akibatnya arus sebar menjadi kecil dan tahanannya naik besar tahanannya total dari (n) buah elektroda adalah :

$$R_{sy} = \frac{R}{n\eta} = \frac{Rn}{\eta} \quad (24)$$

Keterangan :

$$Rn = \frac{R}{n} \text{ dan } \eta < 1$$

R_{sy} = Tahanan total sistem (ohm).

Rn = Tahanan total dari elektroda n elektroda paralel (ohm)

η = Faktor sekat (screening coefficient).

Koefisien sekat paralel elektroda tanah $V = V_1 = V_n$, sehingga didapat

tegangan sebesar $V = \frac{1}{2} \frac{\rho}{2\pi a} + \frac{1}{2} \frac{\rho}{2\pi r_0}$, maka tahanan sistemnya adalah :

$$R_{sy} = \frac{V}{I} = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{a} \right), \text{ dan koefisien sekatnya adalah :}$$

$$\eta = \frac{R/n}{R_{sy}} = \frac{\rho}{2 \times 2\pi r_0} / \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{a} \right)$$

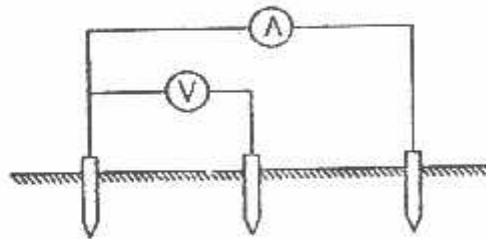
$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{r_0}{a}}$$

Keterangan : r_0 = Jari-jari elektroda (9mm)

$A =$ Jarak antara elektroda (mm).

3.6.6. Metode Pengujian Tanah

Pengujian tanah dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Eart Teste*, yang berdasarkan harga potensial. Alat ini terdiri dari dua elektroda potensial (P) dan elektroda arus (C). Kedua elektroda tersebut ditanam pada jarak yang cukup jauh terhadap elektroda utama (E) dengan perbandingan jarak 1 : 2 tampak seperti gambar dibawah ini :



Gambar 21. Metode Harga Potensial Tanah *)

*) Abdul Hadi, Sistem Distribusi Daya Elektrik, Erlangga, Jakarta, 1994, Halaman 173.

Persyaratan yang harus diperhatikan dalam pengujian tanah yaitu :

- a). Elektroda C harus cukup jauh dari elektroda E, sehingga daerah tahanan tidak saling menutupi (overlap).
- b). Elektroda P harus ditempatkan pada luar dua daerah tahanan.
- c). Elektroda P harus terletak diantara elektroda Bantu C dan elektroda utama E, pada garis penghubungnya.

Dari pengujian tanah akan didapatkan besarnya nilai tahanan pentanahan di daerah pengujian tersebut. Dan untuk mengetahui besarnya nilai tahanan jenis tanah (ohm-meter) didaerah pengujian, maka besar tahanan pentanahan hasil pengukuran dimasukkan dalam

rumus berikut ini $R_d : \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$, Sehingga diperoleh rumus

untuk tahanan jenis tanah (ohm-meter) sebagai berikut :

$$\rho = \frac{(r_d \cdot 2\pi L)}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)} \text{ (ohm - meter)} \quad (26)$$

Keterangan :

ρ : tahanan jenis tanah (ohm-meter).

a : Jari-jari elektroda batang (m).

R_d : tahanan hasil pengukuran/pengujian (m).

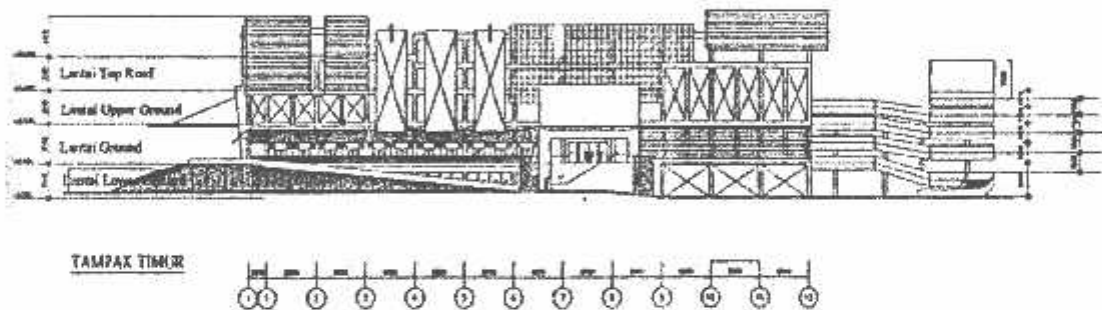
BAB IV

PEMBAHASAN MASALAH (ANALISA DATA)

4.1. Tata letak dan Konstruksi Bangunan

Malang Town Square (MATOS) merupakan salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang. Terletak di jalan Veteran Malang yang dibangun diatas tanah seluas \pm 4 hektar, menjadikan Malang Town Square sebagai pusat perbelanjaan yang terbesar dan tertinggi di kota Malang.

Hal ini berdasarkan data bangunan sebagai berikut :



Gambar 22. Bangunan Malang Town Square

- 1) Tinggi Bangunan : 27 meter
- 2) Panjang Bangunan : 130,007 meter
- 3) Lebar bangunan : 140,3 meter
- 4) Konstruksi bangunan : Beton bertulang

Berdasarkan data bangunan tersebut diatas, kebutuhan akan sistem penangkal petir di Malang Town Square dapat dinyatakan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks bangunan sesuai dengan rumus :

$$R = A + B + C + D + E$$

$$R = 3 + 2 + 5 + 0 + 7$$

$R = 17$

Dari penjumlahan indeks bangunan tersebut, dinyatakan bahwa bahaya terkena sambaran petir di Malang Town Square sangat besar sehingga memerlukan adanya suatu instalasi penangkal petir.

Tata letak dan konstruksi bangunan, disamping untuk dapat mengetahui seberapa besar kebutuhan bangunan akan instalasi penangkal petir juga digunakan untuk menentukan daerah perlindungan yang saling menutupi antara bangunan yang satu dengan bangunan lainnya. Mengingat bangunan yang lebih tinggi memiliki daerah perlindungan yang luas sehingga memungkinkan bangunan yang lebih rendah dan berdekatan akan terlindungi.

4.2. Kemungkinan Terjadi Sambaran Petir.

Untuk dapat mengetahui seberapa besar kemungkinan terjadi sambaran petir pada suatu daerah yaitu dengan melakukan tinjauan lingkungan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi daerah yang berhubungan erat dengan data IKL (Isokeraunic Level).

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Wilayah III Karangploso Malang (data terlampir), perkiraan IKL khusus daerah Malang tahun 2007 tercatat 359 kali. Sehingga terjadinya sambaran petir sebesar 31,86 sambaran/km²/th.

Tabel 13. Data IKL Daerah Malang Th.2007³⁾

NO (1)	BULAN (2)	FREKUENSI TS (3)
1	Januari	81 kali
2	Februari	42 kali
3	Maret	53 kali
4	April	17 kali
5	Mei	24 kali

6	Juni	3 kali
7	Juli	6 kali
8	Agustus	-
9	Sepetember	-
10	Oktober	4 kali
11	November	61 kali
12	Desember	68 kali
	Total	359 kali

^{*)}Lembaga Meteorologi dan Geofisika Wilayah III Karang Ploso.

Sedangkan angka kemungkinan dari sambaran petir disekitar bangunan dapat diketahui berdasarkan rumus berikut ini :

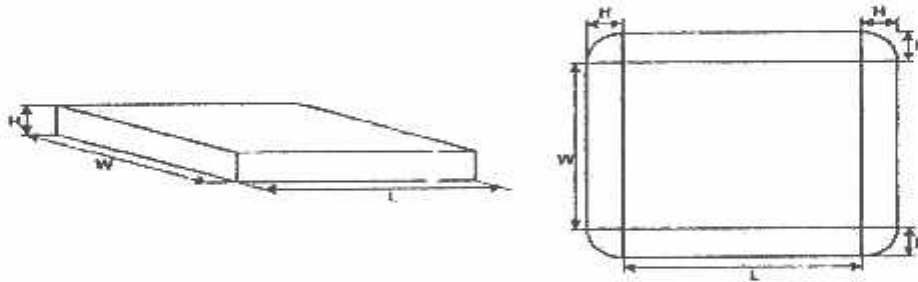
$$P = Ac \times Ng \times 10^{-6}$$

Keterangan : P : Angka Kemungkinan sambaran Petir.

AC : Luas Bentangan Bangunan (m²).

Ng : Kemungkinan sambaran petir (sambaran/km²/th)

Berdasarkan data IKL Malang tahun 2007.



Gambar 23. Luas Bentangan Bangunan ^{*)}

^{*)} C. Dennis Poole, Electrical Distribution In Buildings, Second Edition halaman 210.

$$Ac = Lw + 2LH + 2WH + 4 \left(\frac{\pi H^2}{4} \right)$$

$$= 130,007 \cdot 140,3 + 2 \cdot 130,007 \cdot 27 + 2 \cdot 140,3 \cdot 27 + 4 (\pi \cdot H^2 / 4)$$

$$= 18239,98 - 7020,4 + 7576,2 + 2289,06$$

$$= 35125,64 \text{ m}^2$$

$$P = 35125,64 \times 31,86 \times 10^{-6}$$

$$= 1,119 \text{ sambaran/th.}$$

Jadi angka kemungkinan terjadi sambaran petir didaerah sekitar bangunan Malang Town Square yaitu 1,119 sambaran/th.

3.3. Sistem Penangkal Petir

3.3.1. Penangkal Petir Tipe E.F (VIKING)

3.3.1.1. Radius Perlindungan dan Penentuan Runcingan Penangkal Petir

Radius perlindungan dari penangkal petir *Viking* jika digunakan untuk melindungi bangunan dinyatakan dengan persamaan 2 sebagai berikut :

$$R_p(m) = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

Sehingga dengan tinggi bangunan Malang Town Square 27 meter dan digunakan penangkal petir Viking dengan spesifikasi sebagai berikut.

- a). Tipe : V6
- b). Tinggi Penangkal : 10 meter
- c). Level Protection (D) : 60 meter

maka :

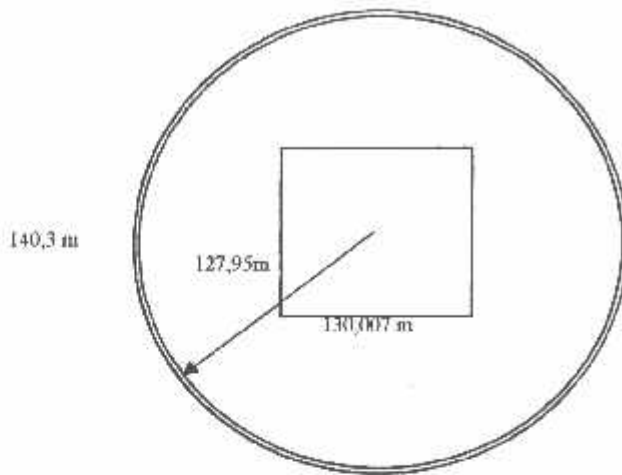
$$R_p : \sqrt{27 + 10(2.60 - (27 + 10)) + 70(2.60 + 70)}$$

$$: \sqrt{37(120 - 37) + 70(120 + 70)}$$

$$: \sqrt{3071 + 13300}$$

$$: \sqrt{16371}$$

: 127,95 meter



Gambar 24. Radius Perlindungan Viking Tipe V6 di MATOS.

Gambar 24 diatas ini menunjukkan letak dari runcingan penangkal petir yang dipasang diatas bangunan dengan radius perlindungan 127,95 meter, sehingga obyek yang dilindungi (MATOS) akan aman terhadap bahaya sambaran petir hanya dengan satu runcingan saja.

3.3.1.2. Penentuan Sistem Pentanahan

Didalam suatu instalasi penangkal petir, persyaratan yang harus dipenuhi disamping kemampuan menangkap sambaran petir yaitu mampu menyalurkan dan menyebarkan arus kedalam tanah. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem pantanahan dengan tahanan pentanahan yang serendah mungkin.

Dari beberapa kali pengukuran yang dilakukan secara langsung di lokasi bangunan Malang Town Square dengan menggunakan elektroda batang 1,5 meter dan keliling 1,5" (0,00381) sebagai elektroda pentanahanya (elektroda utama), diperoleh tahanan pentanahan rata-rata ($R_{rata-rata}$) sebesar 14,87 ohm (data hasil pengukuran terlampir).

Dengan demikian, berdasarkan persamaan 26 dapat diketahui nilai tahanan jenis tanah (ρ) di lokasi bangunan Malang Town Square, yaitu.:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(R_{at} \cdot 2\pi L)}{\left(\ln \frac{4L}{a} - 1\right)} \\ &= \frac{(14,87 \cdot 2,3,14,1,5)}{\left(\ln \frac{4,1,5}{6,067 \cdot 10^{-3}} - 1\right)} \\ &= \frac{140,0754}{5,897} \\ &= 23,75 \text{ ohm-meter}\end{aligned}$$

Dengan tahanan jenis tanah 23,75 ohm-meter, untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan lebih kecil dari 5 ohm, maka perlu direncanakan suatu sistem pentanahan dengan menggunakan elektroda batang dengan spesifikasi :

- a) Panjang Elektroda (L) : 6 meter
- b) diameter elektroda (d) : 2" (5,08) $\rightarrow a = 0,0254$ meter

Dengan demikian sesuai dengan persamaan 17, maka :

$$\begin{aligned}R_{at} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \\ &= \frac{23,75}{2,3,14,6} \left[\ln \frac{4,6}{0,0254} - 1 \right] \\ &= \frac{23,75}{37,68} \left[\ln \frac{24}{0,0254} - 1 \right] = 0,63 \cdot 6,85 = 4,32 \text{ ohm}\end{aligned}$$

karena nilai dari tahanan elektroda pentanahan untuk sistem penangkal petir tidak boleh > 5 ohm (PUIL 2000), maka digunakan 2

batang elektroda pentanahan yang diparalel dengan jarak antara kedua elektroda adalah 2 kali panjang elektroda (PUIL 2000). Sehingga sesuai dengan persamaan 21, nilai tahanan elektroda pentanahan menjadi :

$$\begin{aligned}
 R_{at} &= \frac{\rho}{4\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] + \frac{\rho}{4\pi S} \left[1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right] \\
 &= \frac{23,75}{4,3,14,6} \left[\ln \frac{4,6}{0,0254} - 1 \right] + \frac{23,75}{4,3,14,12} \left[1 - \frac{6^2}{3,12^2} + \frac{2,6^4}{5,12^4} \right] \\
 &= \frac{23,75}{75,36} \left[\ln \frac{24}{0,0254} - 1 \right] + \frac{23,75}{150,72} \left[1 - \frac{36}{432} + \frac{2592}{103680} \right] \\
 &= 0,315.(6,85) + 0,158.(0,942) \\
 &= 2,158 + 0,148 \\
 &= 2,3 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

jadi dengan dua batang elektroda pentanahan yang diparalel didapat tahanan sebesar 2,3 ohm. Sehingga diharapkan pada saat terjadi perubahan pada kondisi tanah karena pengaruh cuaca, nilai tahanan pentanahan tidak melebihi dari 5 ohm.

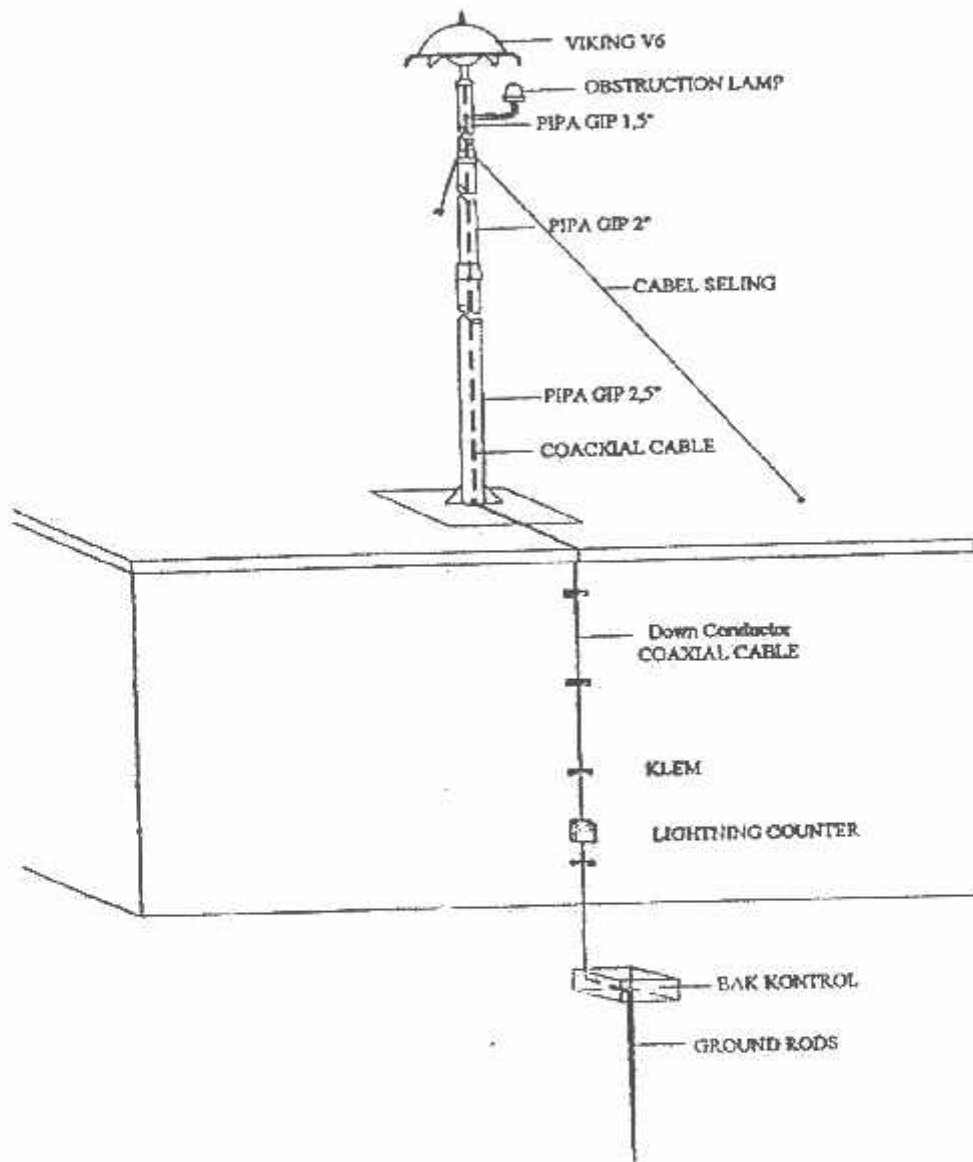
Sedangkan untuk penggunaan kabel penghantar dalam sistem penangkal petir agar diperoleh efektifitas penyaluran arus gangguan kedalam tanah digunakan "*Coaxial cable*", dimana struktur *coaxial* bertegangan tinggi menyalurkan arus petir kedalam tanah tanpa menimbulkan efek listrik (*side flashing*) terhadap objek sekitar.

Beberapa keuntungan menggunakan kabel tersebut antara lain :

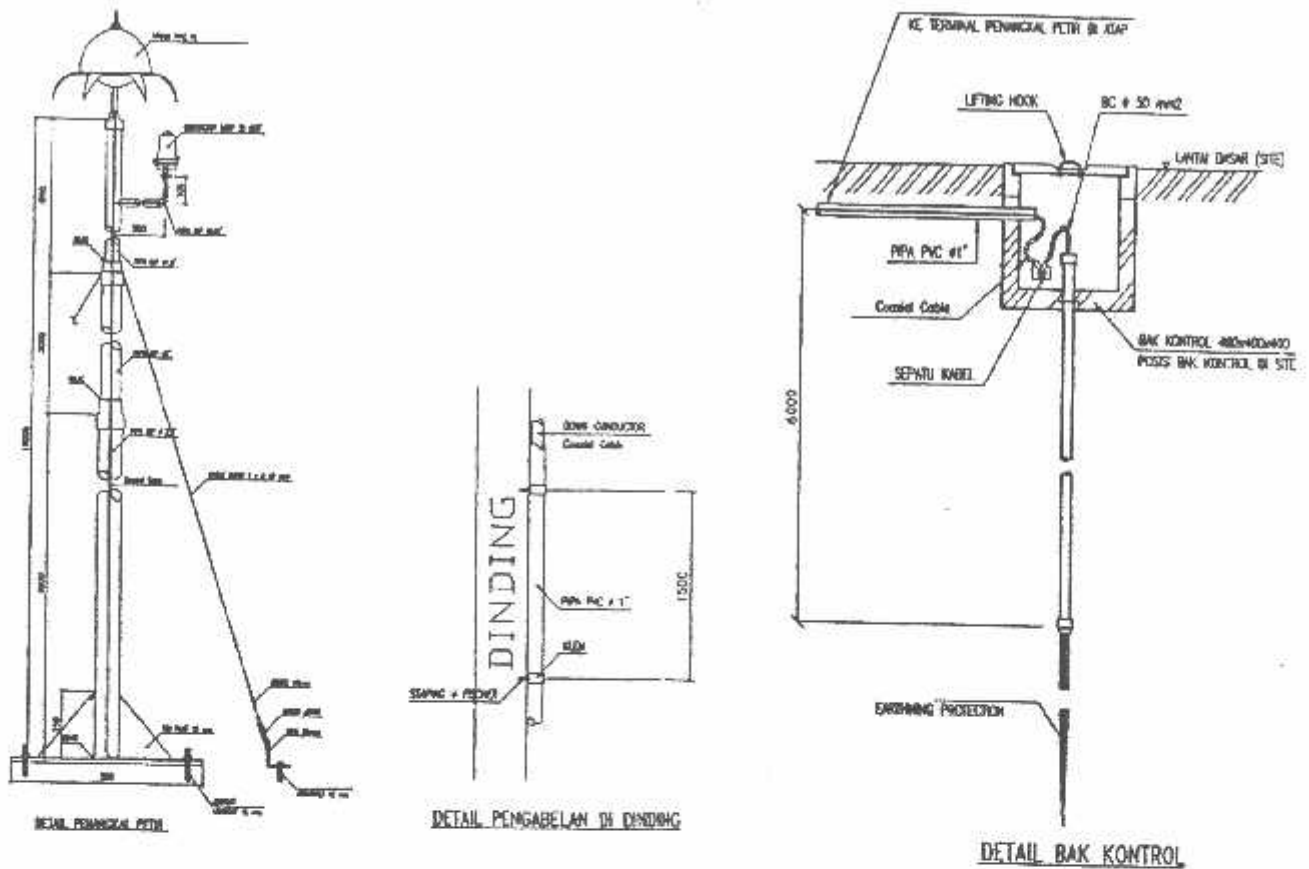
1. Mencegah adanya induksi.
2. Mencegah adanya loncatan listrik.

3. Mencegah "primary lightning voltage".
4. Mampu menerima tegangan sambar hingga 250 KV.
5. Menggunakan isolasi "special flame retardant composition"

3.3.1.3. Instalasi Penangkal Petir Tipe Viking



Gambar 25. Instalasi Penangkal Petir E.F (VIKING)



Gambar 26. Gambar Detail Pemasangan *Viking*

Runcingan penangkal petir tipe Viking V6 disambung dengan pipa penyangga yang terbuat dari pipa baja yang digalvanis (GIP) dengan panjang 1 meter dan diameter 1,5" pada bagian atas, panjang 3 meter dan berdiameter 2" pada bagian tengah serta panjang 6 meter dan berdiameter 2,5" pada bagian bawah. penangkal petir ini dilengkapi dengan obstruction lamp sebagai lampu tanda yang dipasang pada pipa GIP 3/4" dan disambung pada pipa GIP penyangga berdiameter 1,5" segala teknik penyambungan dilakukan dengan pengelasan.

Penangkal petir *Viking* (V6) dipasang tegak lurus diatas bangunan Malang Town Square dengan tinggi penangkal keseluruhan 10 meter.

Sehingga agar agar tidak mudah terkena pengaruh mekanis angin maka pada pipa penyangga ditarik dengan 4 buah kabel seling disamping pada plat dudukan pipa penyangga pada bangunan. Gambar detail instalasi penangkal petir tipe *Electrostatic Field (VIKING)* terlampir.

3.3.2. Penangkal Petir Tipe *Faraday Cage*

3.3.2.1. Radius Perlindungan dan Penentuan Runcingan Penangkal Petir

Perhitungan radius diharapkan agar instalasi yang direncanakan nantinya benar-benar dapat melindungi semua bagian dari bangunan terhadap bahaya sambaran petir adapun parameter-parameter yang perlu diperhatikan untuk menentukan radius perlindungan yaitu data-data dari bangunan itu sendiri. Data bangunan Malang Town Square sebagai berikut :

1. Tinggi gedung $h_x = 27$ meter.
2. Panjang atap gedung $(p) = 130,007$ meter.

Apabila penangkal petir yang digunakan untuk melindungi bangunan Malang Town Square yaitu dengan menggunakan elektroda petir tipe *faraday cage* yang memiliki tinggi $(h_a) = 1,5$ meter, maka diperoleh tinggi penangkal :

$$H = 27 + 1,5 = 28,5 \text{ meter.}$$

Karena $h < 30$ dan $h_x > 2/3 h \rightarrow 2/3 h = 19$ meter, dengan demikian radius perlindungan pada ketinggian h_x yaitu :

$$R_x = 0,75h \left[1 - \frac{h_x}{h} \right]$$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 28,5 \left[1 - \frac{27}{28,5} \right] \\ &= 21,375(1 - 0,947) \\ &= 21,375 \times 0,053 = 1,125 \text{ meter} \end{aligned}$$

jarak antar runcingan penangkal agar diperoleh perlindungan pada titik ditengah dua penangkal maka jarak dua runcingan penangkal harus lebih kecil dari 7 kali tinggi aktif, atau paling tidak tinggi minimumnya sama dengan tinggi obyek bangunan (hx), sehingga sesuai dengan persamaan 7 didapat :

$$\begin{aligned} a &\leq 7.(h - hx) \\ a &\leq 7.(28,5 - 27) \\ a &\leq 10,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dengan $a = 10,5$ meter sebagai jarak kritis maka jumlah dari runcingan penangkal petir adalah :

$$N = \frac{P}{a} + 1 = \frac{130,007}{10,5} + 1 = 13,38 \rightarrow 14 \text{ runcingan}$$

Dengan jumlah runcingan (n) = 14 batang, maka jarak (a) berubah menjadi :

$$\begin{aligned} a &= \frac{P}{(n-1)} \\ &= \frac{130,007}{(14-1)} \\ &= 10 \text{ meter} \end{aligned}$$

Sehingga titik ditengah dua penangkal akan terlindungi jika :

$$\begin{aligned}
 h_o &= h - \frac{a}{7} \\
 &= 28,5 - \frac{10}{7} \\
 &= 28,5 - 1,4 \\
 &= 27,1 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Maka h_o berada 0,1 diatas gedung h_x , dengan radius perlindungan :

$$r_{x(h_o)} = 0,75h_o \left(1 - \frac{h_x}{h_o} \right)$$

$$r_{x(h_o)} = 0,75 \times 27,1 \left(1 - \frac{27}{27,1} \right)$$

$$r_{x(h_o)} = 20,325 \times 0,0037$$

$$r_{x(h_o)} = 0,075 \text{ meter}$$

Perlindungan diatas berlaku untuk sisi panjang maupun sisi lebar.

Dengan demikian pada obyek Malang Town Square tidak cukup dengan hanya dua penangkal karena bangunan cukup luas, maka obyek tersebut akan aman bila jarak diagonalnya tidak lebih dari 8 kali aktif penangkal petir.

$$D \leq 8.(h - h_x)$$

$$D \leq 8.(28,5 - 27)$$

$$D \leq 8.(1,5) \text{ meter}$$

$$D \leq 12 \text{ meter}$$

Untuk dapat memenuhi persyaratan diatas maka jumlah penangkal petir untuk satu sisi adalah 17 buah, sehingga jarak antar penangkal menjadi :

$$a = \frac{p}{(n-1)} = \frac{130,007}{(17-1)} = 8,13 \text{ meter}$$

Sehingga diperoleh diagonal persegi empat

$$D = \sqrt{8,13^2 + 8,13^2} = \sqrt{66,1 + 66,1} = \sqrt{132,19} = 11,5 \text{ meter}$$

Karena bangunan Malang Town Square cukup luas , sehingga diperlukan beberapa blok diagonal agar seluruh sisi bangunan dapat terlindungi.

Sebagai bahan pertimbangan pemilihan jumlah runcingan penangkal petir diberikan alternatif yaitu :

a) $a \leq 7.(h - hx)$

$$a \leq 7.(28,5 - 27)$$

$$a \leq 10,5 \text{ meter}$$

Dengan $a = 11$ meter maka jumlah runcingan penangkal petir :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow n = \frac{p}{a} + 1 = \frac{130,007}{11} + 1 = 11,82 \rightarrow 12 \text{ runcingan.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow n = \frac{p}{a} + 1 = \frac{140,3}{11} + 1 = 13,75 \rightarrow 14 \text{ runcingan.}$$

Dengan diketahui jumlah runcingan penangkal petir untuk masing-masing sisi maka jaraknya berubah menjadi :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow a = \frac{(p)}{(n-1)} = \frac{130,007}{(12-1)} = 11,8 \text{ meter.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow a = \frac{p}{(n-1)} = \frac{140,3}{(14-1)} = 10,79 \text{ meter}$$

Sehingga titik dua penangkal menjadi :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow h_o = h - \frac{a}{7} = 28,5 - \frac{11,8}{7} = 26,8 \text{ meter.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow h_o = h - \frac{a}{7} = 28,5 - \frac{10,79}{7} = 26,96 \text{ meter.}$$

Jadi banyaknya runcingan penangkal petir pada alternatif 1 ini adalah $12 \times 14 = 168$ runcingan, akan tetapi jarak diagonalnya menjadi :

$$D = \sqrt{11,8^2 + 10,79^2} = \sqrt{139,24 + 116,42} = 15,98 \text{ meter.}$$

b) Alternatif 2

$$a \leq 7 \cdot (h - hx)$$

$$a \leq 7 \cdot (28,5 - 27)$$

$$a \leq 10,5 \text{ meter}$$

Dengan $a = 10,5$ meter maka jumlah runcingan penangkal petir :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow n = \frac{p}{a} + 1 = \frac{130,007}{10,5} + 1 = 13,28 \Rightarrow 13 \text{ Runcingan.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow n = \frac{p}{a} + 1 = \frac{140,3}{10,5} + 1 = 14,36 \Rightarrow 14 \text{ Runcingan.}$$

Dengan diketahui jumlah runcingan penangkal petir untuk masing-masing sisi maka jaraknya berubah menjadi :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow a = \frac{p}{(n-1)} = \frac{130,007}{(13-1)} = 10,8 \text{ meter.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow a = \frac{p}{(n-1)} = \frac{140,3}{(14-1)} = 10,79 \text{ meter.}$$

Sehingga titik ditengah dua penangkal menjadi :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow h_o = h - \frac{a}{7} = 28,5 - \frac{10,8}{7} = 26,96 \text{ meter.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow ho = h - \frac{a}{7} = 28,5 - \frac{10,79}{7} = 26,96 \text{ meter.}$$

Jadi banyaknya runcingan penangkal petir pada alternatif 2 ini adalah $13 \times 14 = 182$ runcingan, akan tetapi jarak diagonalnya menjadi :

$$D = \sqrt{10,8^2 + 10,79^2} = \sqrt{116,64 + 116,42} = 15,26 \text{ meter.}$$

Dari perhitungan jarak diagonal yang ditetapkan selisih 3,26 meter.

c) Alternatif 3

$$a \leq 7.(h - hx)$$

$$a \leq 7.(28,5 - 27)$$

$$a \leq 10,5 \text{ meter}$$

dengan $a = 10$ meter maka jumlah runcingan penangkal petir :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow n = \frac{p}{a} + 1 = \frac{130,007}{10} + 1 = 14 \Rightarrow 14 \text{ runcingan.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow n = \frac{p}{a} + 1 = \frac{140,3}{10} + 1 = 15 \Rightarrow 15 \text{ runcingan.}$$

Dengan diketahui jumlah runcingan penangkal petir untuk masing-masing sisi maka jaraknya berubah menjadi :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow a = \frac{p}{(n-1)} = \frac{130,007}{(14-1)} = 10 \text{ meter.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow a = \frac{p}{(n-1)} = \frac{140,3}{(15-1)} = 10,02 \text{ meter.}$$

Sehingga titik ditengah dua penangkal menjadi :

$$\text{Sisi panjang} \Rightarrow ho = h - \frac{a}{7} = 28,5 - \frac{10,02}{7} = 27,06 \text{ meter.}$$

$$\text{Sisi lebar} \Rightarrow ho = h - \frac{a}{7} = 28,5 - \frac{10,02}{7} = 27,06$$

Jadi banyaknya runcingan penangkal petir pada alternatif 3 ini adalah $14 \times 15 = 210$ runcingan, akan tetapi jarak diagonalnya menjadi :

$$D = \sqrt{10^2 + 10,02^2} = \sqrt{100 + 100,4} = 14,15 \text{ meter.}$$

Dari perhitungan jarak diagonal yang ditetapkan selisih 2,15 meter.

Sedangkan pemilihan hantaran penyalur petir didasarkan pada pelepasan maksimum yang diperkirakan berkisar antara 5 sampai 200kA dan terjadi dalam waktu 100 μs . oleh karena itu ukuran dan jenis dari hantaran penyalur harus benar-benar diperhatikan dalam suatu sistem instalasi penangkal petir.

Dengan ditentukan arus maksimum 200kA dengan waktu μs , maka sesuai dengan persamaan 12 dan 13 diperoleh penampang hantaran kawat sebagai berikut :

Untuk sambungan yang disekrup adalah :

$$A = 15,7 \cdot 10^{-3} \times I \times \sqrt{t}$$

$$A = 15,7 \cdot 10^{-3} \times 200000 \times \sqrt{100 \cdot 10^{-6}} = 31,4 \text{ mm}^2$$

Untuk disambungkan yang dilas adalah :

$$A = 12,15 \cdot 10^{-3} \times I \times \sqrt{t}$$

$$A = 12,15 \cdot 10^{-3} \times 200000 \times \sqrt{100 \cdot 10^{-6}} = 24,3 \text{ mm}^2$$

berdasarkan pada table 8, maka hantaran kawat yang sesuai dengan hasil perhitungan tersebut (sambungan disekrup) yaitu BC mm^2 (Bare Copper Conductor) dengan konstruksi $7 \times 2,25 \text{ mm } \emptyset$.

Pemilihan hantaran kawat dengan metode penyambungan di sekrup, karena pertimbangan persyaratan anti korosi, kekuatan mekanis dan kemudahan dalam hal pemasangan serta kemudahan dalam hal pelepasan sambungan pada saat dilakukan pengontrolan periodik.

4.3.2.2. Penentuan elektroda pentanahan harus disesuaikan dengan kondisi

Lingkungan sekitar bangunan, sehingga dari segi kemudahan pemasangan, biaya, waktu dan pencapaian tahanan yang serendah mungkin dapat ditentukan secara maksimal.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut diatas, maka dengan menggunakan elektroda batang berikut ini :

- a) Panjang elektroda (L) : 6 meter.
- b) Diameter elektroda (d) : 2" (5,08 cm) $\rightarrow a = 2,54$ cm (0,0254 meter).

Sehingga diperoleh pentanahan untuk satu elektroda batang pada tahanan jenis tanah rata-rata = 23,75 ohm meter sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_{dl} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \\ &= \frac{23,75}{2,314,6} \left[\ln \frac{4,6}{0,0254} - 1 \right] \\ &= \frac{23,75}{37,68} \left[\ln \frac{24}{0,0254} - 1 \right] \\ &= 0,63 \cdot 6,85 \\ &= 4,32 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Dengan jumlah elektroda pentanahan 14 buah dan jarak antar masing-masing elektroda 20 meter, maka dengan menggunakan persamaan 25 diperoleh koefisien sekat sebagai berikut :

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{r_0}{a}}$$

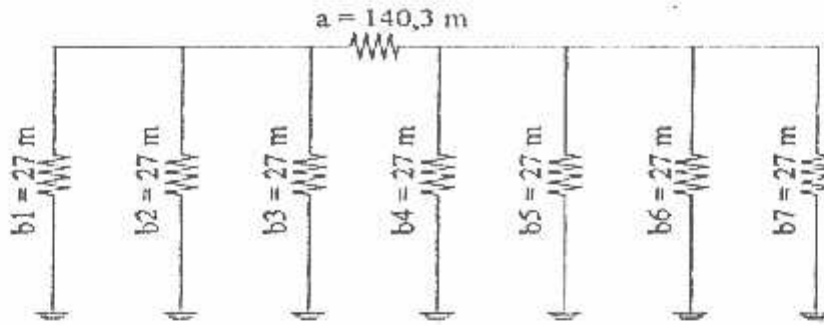
$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{2,54}{20000}}$$

$$\eta = 0,99987$$

Kemudian dengan persamaan 24, diperoleh nilai tahanan pentanahan sistem sebagai berikut :

$$R_{sy} = \frac{R}{n \cdot \eta} = \frac{4,32}{14 \times 0,99987}$$
$$= 0,31 \text{ ohm.}$$

Karen tahanan total dari sistem instalasi penangkal petir terdiri dari tahanan elektroda pentanahan dan tahanan pada penghantar sebagai penyalur arus petir, maka untuk mendapatkan tahanan pada penghantar diasumsikan arus mengalir dari atas menuju ke tanah. Dengan referensi salah satu sisi rangkaian pada bangunan (samping kiri), maka dapat di tentukan besarnya tahanan total instalasi penangkal petir sebagai berikut.



Diketahui : $\rho_{tanah} = 0,0185 \text{ ohm mm}^2 / \text{m}$.

Penampang penghantar (A) = 35 mm^2 .

Berdasarkan rumus, $R = \frac{\rho x L}{A}$ (ohm) didapat nilai tahanan masing-masing

penghantar sebagai berikut :

$$R_a = 0,074 \text{ ohm.}$$

$$R_b = R_c = R_d = R_e = R_f = R_g = R_h = 9,99 \cdot 10^{-3} \text{ ohm, maka :}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{p_{total}}} &= \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_e} + \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_h} \\ &= \frac{7}{9,99 \times 10^{-3}} \end{aligned}$$

$$R_{p_{total}} = \frac{9,99 \times 10^{-3}}{7} = 1,427 \times 10^{-3} \text{ ohm}$$

$$\begin{aligned} R_{s_{total}} &= R_a + R_{p_{total}} \\ &= 0,074 + (1,427 \times 10^{-3}) \\ &= 0,075 \text{ ohm.} \end{aligned}$$

Jika menggunakan tahanan jenis tanah 100 ohm meter untuk tanah ladang (sesuai PUJIL 2000), maka diperoleh tahanan pentanahan untuk satu elektroda batang adalah :

$$Rdl = \frac{100}{2.3,14.6} \left[\ln \frac{24}{0,0254} - 1 \right]$$

$$Rdl = \frac{100}{37,68} \left[\ln \frac{24}{0,0254} - 1 \right] = 15,5 \text{ ohm}$$

dengan jumlah elektroda batang 14 buah maka :

$$R_{sy} = \frac{R}{n \cdot \eta} = \frac{15,5}{14 \times 0,99987}$$

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

Sehingga tahanan total dari sistem instalasi penangkal petir menjadi :

$$R_{\text{total sistem}} = 1,1 + 0,075$$

$$= 1,175 \text{ ohm.}$$

Jadi tahanan total hasil perhitungan diatas masih memenuhi syarat karena masih dibawah 5 ohm (<5 ohm).

4.4. Perbandingan Dari Kedua Penangkal Petir

4.4.1. Data Perbandingan Teknis

1). Data ukuran bangunan Malang Town Square

- a) Tinggi bangunan : 27 meter
- b) Panjang bangunan : 130,007 meter
- c) Lebar bangunan : 140,3 meter

2) Berdasarkan perhitungan untuk bangunan dengan spesifikasi diatas diperoleh radius perlindungan sebagai berikut :

a) *Electrostatic Field (Viking)*

$$Rp(m) = \sqrt{h(2D - h + \Delta L(2D + \Delta L))}$$

$$Rp = \sqrt{27 + 10(2.60 - (27 + 10) + 70(2.60 + 70))}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{37(120 - 37) + 70(120 + 70)} \\
 &= \sqrt{3071 + 13300} \\
 &= \sqrt{16371} = 127,95 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

Dengan hanya menggunakan satu penangkal petir, mampu melindungi bangunan yang cukup luas karena memiliki radius perlindungan radial.

b) *Faraday Cage*

$$\begin{aligned}
 rx &= 0,75h \left(1 - \frac{hx}{h} \right) \\
 &= 0,75 \times 28,5 \left[1 - \frac{27}{28,5} \right] \\
 &= 21,375(1 - 0,947) \\
 &= 21,375 \times 0,053 \\
 &= 1,125 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Sehingga dengan radius perlindungan 1,125 meter dan sudut perlindungan sebesar 30°, diperlukan beberapa runcingan penangkal petir agar seluruh sisi bangunan dapat terlindungi dari sambaran petir.

3) Data teknis material :

a) *Electrostatic Field*

a. Runcingan Penangkap

Viking tipe	: V6
Tinggi penangkal	: 10 meter
Level Protection D	: 60 meter

b. Kabel menggunakan jenis *Coaxial Cable*

c. Elektroda pentanahan menggunakan elektroda batang dengan :

- Panjang elektroda (L) : 6 meter.

- Diameter elektroda (d) : 2" (5,08 cm) $\rightarrow a = 0,0254$ meter

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh 2 elektroda batang agar diperoleh tahanan <5 ohm (2,3 ohm).

b) *Faraday Cage*

1) Runcingan Penangkap petir

a. Menggunakan split 1" disambung dengan batang penangkal petir (Stick) 1" dari bahan pipa baja di galvanizing dan panjang 1,5 meter.

b. Kabel menggunakan BC 35 mm² (Bare Copper Conductor), berdasarkan hasil perhitungan untuk penghantar dengan sambungan disekrup.

c. Elektroda pentanahan juga menggunakan elektroda batang dengan :

- Panjang elektroda (L) : 6 meter

- Diameter elektroda (d) : 2"(5,08cm) $\rightarrow a = 0,0254$ meter

Pada penangkal petir tipe *faraday cage* menggunakan banyak elektroda pentanahan (14 elektroda batang), karena dengan runcingan yang cukup banyak diharapkan pada saat terjadi sambaran, arus petir dapat segera disalurkan kedalam tanah (melalui jalur terdekat).

4) Harga rancangan penangkal petir

Harga rancangan petir atau air terminal *Viking V6* sebesar Rp. 11.000.000, sedangkan harga dari rancangan penangkal petir *faraday cage* sebesar sebesar Rp.150.000.

Tabel 14.

Perbandingan Penangkal Petir *E.F* Dengan *Faraday Cage* Khusus Pada
Town Square

No (1)	Perbandingan (2)	Faraday Cage (3)	Electrostatic Field (4)
1.	Sifat penangkal	Bersifat pasif	Bersifat aktif
2.	Radius perlindungan	Lebih kecil	Lebih luas
3.	Kelengkapan	Tidak dilengkapi dengan <i>E.F Lightning counter</i>	Dilengkapi dengan <i>E.F Lightning counter</i>
4.	Penggunaan	Kurang tepat digunakan pada bangunan yang luas	Tepat digunakan pada tempat yang luas
5.	Perawatan	Susah dalam perawatan	Mudah dalam perawatan
6.	Pengahantar	Kawat BC (Bar copper conductor)	Menggunakan kabel koaksial
7.	Harga/efisiensi	Lebih mahal	mahal

4.4.2. Biaya Perencanaan Instalasi Penangkal Petir *E.F (Viking)* dan
Faraday Cage

a) *Electrostatic Field*

No	Material	Jumlah	Harga satuan	Total harga
1.	Air terminal <i>Viking tipe V6</i>	1 buah	Rp.11.100.000	Rp.11.100.000
2.	Obstruction Lamp	1 buah	Rp.750.000	Rp. 750.000
3.	Coaxial cable 35 mm ²	120 meter	Rp.225.000	Rp.27.000.000
4.	Pekerjaan Instalasi Tiang penangkal petir Dudukan tiang penangkal petir Grounding sistem Bak kontrol Klem-klem kabel Material Bantu		Rp.6000.000	Rp.6000.000

	Upah kerja			
5.	Sub total			Rp.44.850.000
6.	Ijin/pengesahan Depnaker			Rp.600.000
7.	Grand Total			Rp.45.450.000

b) Faraday Cage

No	Material	Jumlah	Harga satuan	Total harga
1.	Runcingan penangkal (split) 1"	168 buah	Rp.35.000	Rp.5.880.000
2.	SOK	168 buah	Rp.4.000	Rp.672.000
3.	Pipa Galvanis (GIP) 1"	72 lajur	Rp.50.000	Rp.3.600.000
4.	BC 50 mm ²	760 kg	Rp.22.000	Rp.17.100.000
5.	Elektroda pentanahan	14 buah	Rp.100.000	Rp.1.400.000
6.	Pipa pelindung	5 lajur	Rp.30.000	Rp.150.000
7.	Pekerjaan Instalasi Dudukan tiang penangkal petir Bak kontrol Klem-klem kabel Material Bantu Upah kerja		Rp.30.000.000	Rp.30.000.000
8.	Grand Total			Rp.58.802.000



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Perbandingan antara penangkal petir tipe *Electrostatic Field* dengan tipe *Faraday Cage* dari segi teknis dan ekonomis yaitu :

A. Teknis

Electrostatic Field

- a. Untuk melindungi obyek yang luas bisa dipakai satu runcingan yang sesuai dengan radius perlindungan.
- b. Runcingan penangkal petir bersifat aktif, jadi petir akan cenderung menyambar runcingan tersebut.
- c. Memakai *Coaxial cable* untuk mengurangi efek kebakaran dari sambaran petir.
- d. Biaya perencanaan mahal, tergantung obyek yang di lindungi.
- e. Hanya menggunakan beberapa batang pentanahan.

Faraday Cage

- a. Untuk melindungi obyek yang luas harus menggunakan beberapa runcingan, disesuaikan dengan luas dan panjang gedung.
- b. Runcingan penangkal petir bersifat pasif.
- c. Memakai kebel jenis BC.
- d. Biaya perencanaan murah, tergantung luas dan panjang gedung.

- e. Tahanan pentanahan dapat di tekan dengan memakai batangan yang diparalel.

B. Ekonomis

Perbandingan harga (grand total) perencanaan penangkal petir tipe *Electrostatic Field* dengan *Faraday Cage* yaitu :

1. *Electrostatic Field* sebesar Rp.45.450.000,-
 2. *Faraday Cage* sebesar Rp.58.802.000,-
2. Pengamanan bangunan Malang Town Square dari sambaran petir sangat tepat menggunakan penangkal petir jenis *Electrostatic Field*, karena hanya dengan menggunakan satu runcingan setinggi 10 meter diperoleh radius perlindungan sebesar 127,95 meter. Sehingga walaupun hanya satu runcingan penangkal petir mampu memberi perlindungan terhadap keseluruhan bangunan Malang Town Square.

5.2. Saran

Untuk menjaga kehandalan dari penangkal petir yang terpasang diharuskan melakukan perawatan secara kontinyu agar peralatan yang terpasang dapat bekerja sebagaimana mesti dan fungsinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Harten, Van, P, Instalasi Arus Kuat II, Binacipta, Bandung, 1981.
- Departemen Pekerjaan Umum, Pedoman Perencanaan Penangkal Petir , Yayasan Badan Penerbit PU Jakarta, 1987.
- Chourrasia, MP, High Voltage Engineering, Khanna Publishers, 2-B Nath market, Delhi-6, 1979.
- Hatauruk, TS, Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan, Erlangga, Jakarta, 1987.
- Poole, Dennis, C, Electrical Distribution In Buildings, Second Edition.
- Hadi, Abdul, Ir, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Jakarta, 1994.
- Sungkowo, Heri, SST, Instalasi Tegangan Menengah, Malang 2005.
- BSN, Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000, Jakarta, 2000.

Lampiran





Lembar Asistensi Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Herlambang Kukuh Imanu
NIM : 0352012
Waktu Bimbingan :
Judul : Studi Perbandingan Penangkal Petir Tipe *Electrical Field*
(*Viking*) dengan *Faraday Cage* di Malang Town Square

No	Tanggal	Materi	Paraf
1	8/04/07	Konsultasi judul, isi	
2	16/04/07	Kons. type penangkal.	
3	02/05/07	Konst. bab I & II	
4	20/05/07	Revisi bab I	
5	06/06/07	Kons. bab III & IV	
6	22/06/07	Tambahan bab IV	
7	07/07/07	Kons. bab V	
8	11/07/07	Acc uplan.	

Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT



**INSITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEHNIK ENERGI LISTRIK D-III**

FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama : Herlambang Kukuh Imanu
NIM : 03.52.012
Masa Bimbingan : 03 april 2007 s/d 03 juli 2007
Judul : Studi Perbandingan Penangkal Petir *Electrostatic Field* dengan *Faraday Cage* di Malang Town Square

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	27/07 103	Tabel perhitungan biaya	

Diperiksa dan di setujui,

Penguji I

(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP. Y: 1018800190

Penguji II

(I Komang Somawirata, ST, MT)
NIP. P. 1030100361

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
NIP. Y. 1038900203



**INSITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEHNIK ENERGI LISTRIK D-III**

BERITA ACARA

Nama : Herlambang Kukuh Imanu
NIM : 03.52.012
Program Studi : Teknik Elektronika
Konsentrasi : Energi Listrik
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Penangkal Petir Tipe Electrostatic Field
Dengan *Faraday Cage* di Malang Town Square

Sudah di pertahankan di depan team penguji Tugas Akhir jenjang progam Diploma III

Pada hari : Sabtu
Tanggal : 22 Sepetember 2007
Dengan Nilai : 80,50 (A)

Panitia Ujian Tugas Akhir



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP. Y. 1018100036

Sekretaris

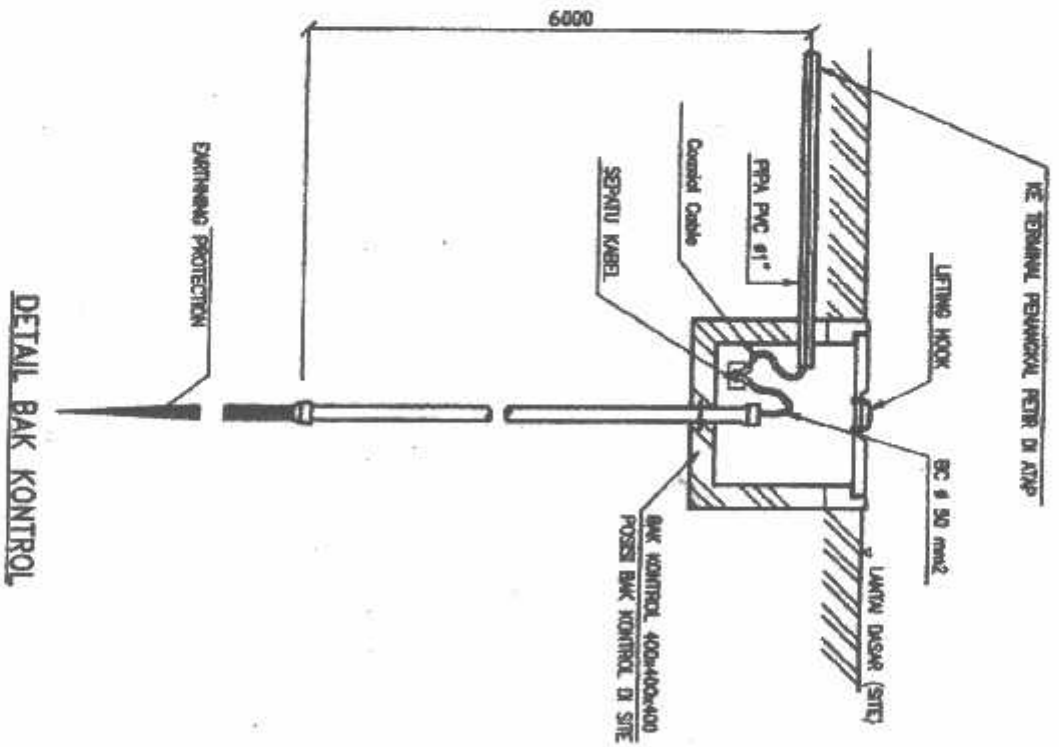
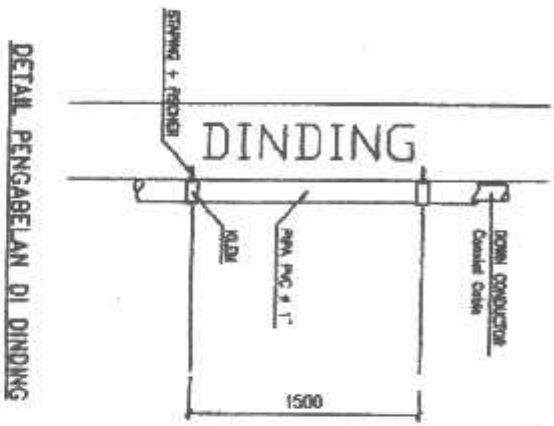
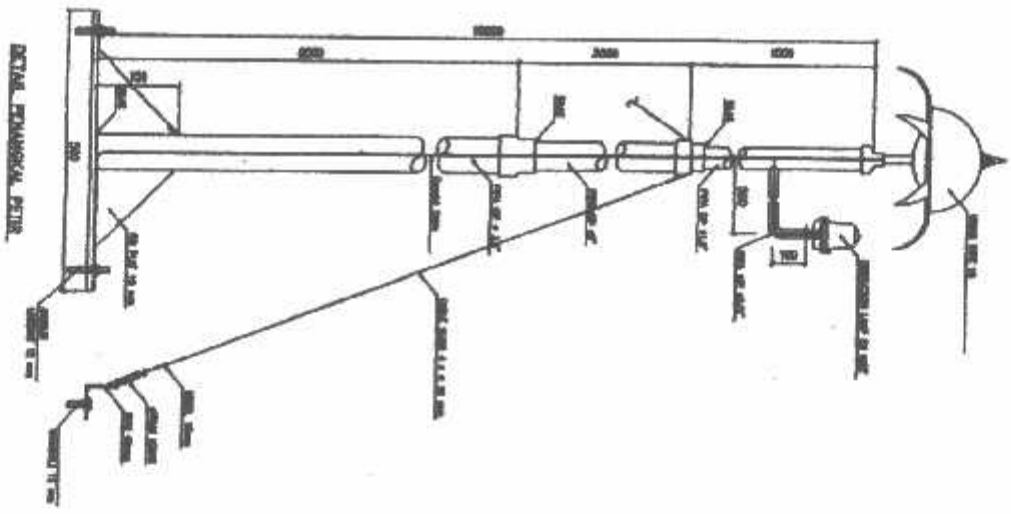
(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP. Y. 1018800190

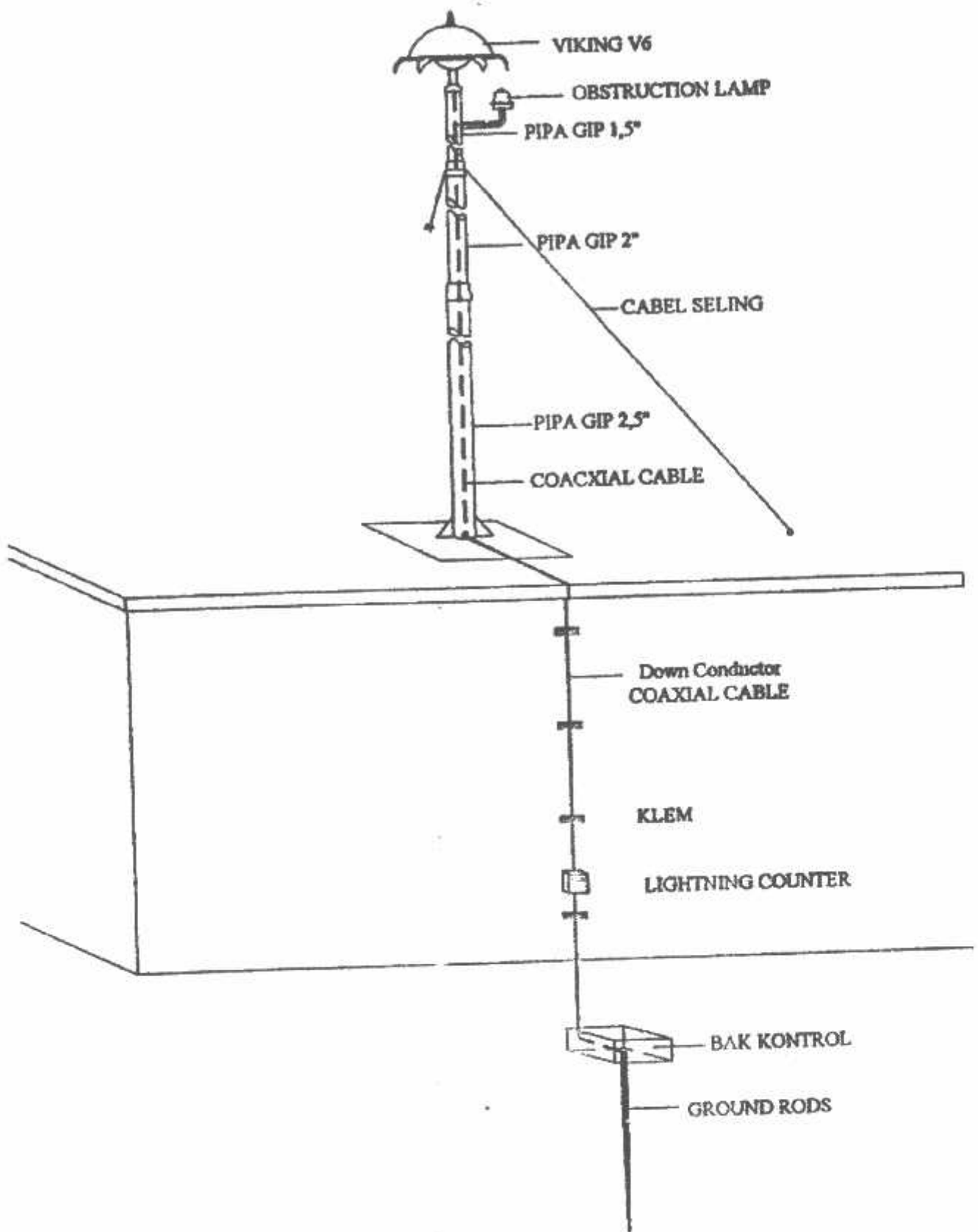
Anggota Penguji I (satu)

(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP. Y. 1018800190

Anggota Penguji II (dua)

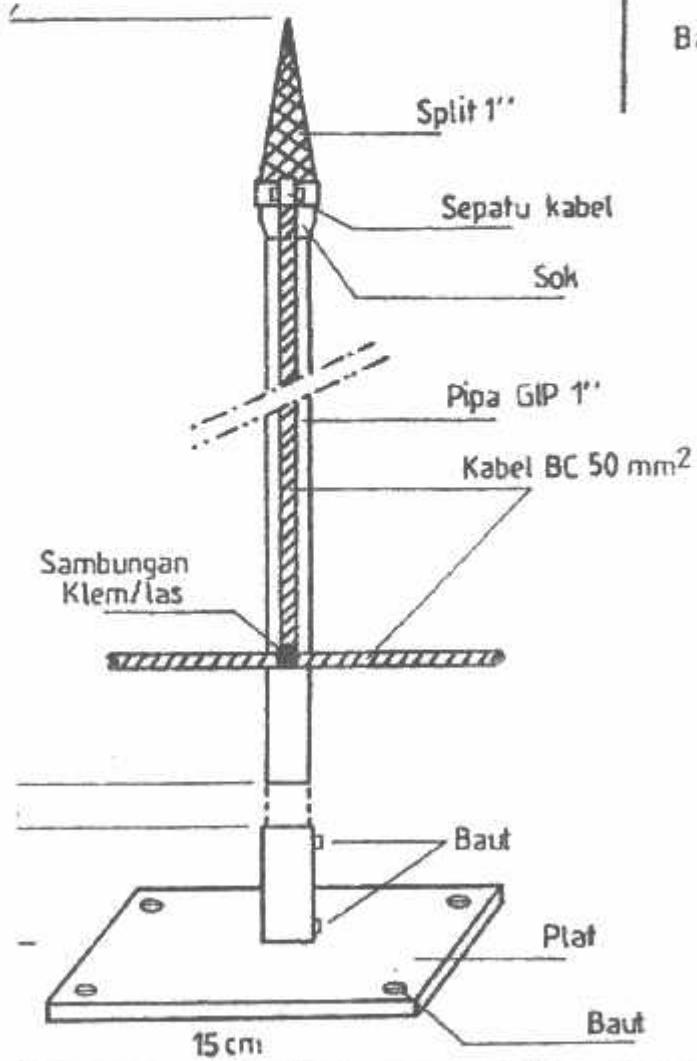
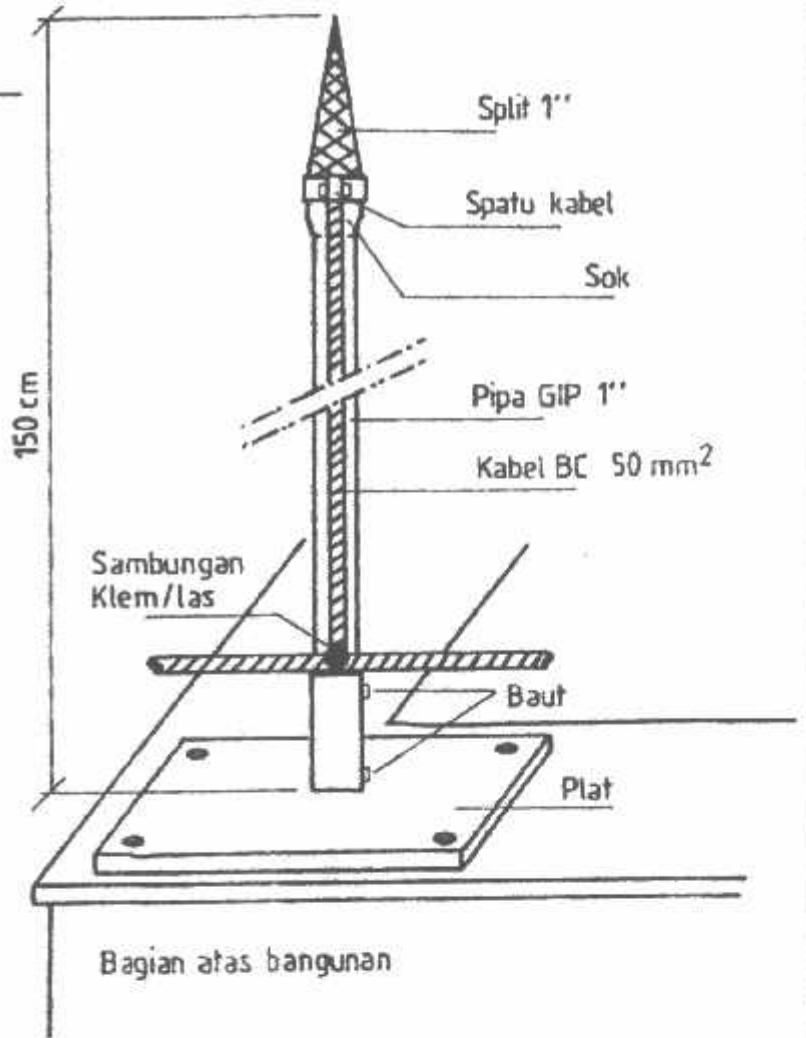
(I Komang Somawirata, ST, MT)
NIP. P. 1030100361





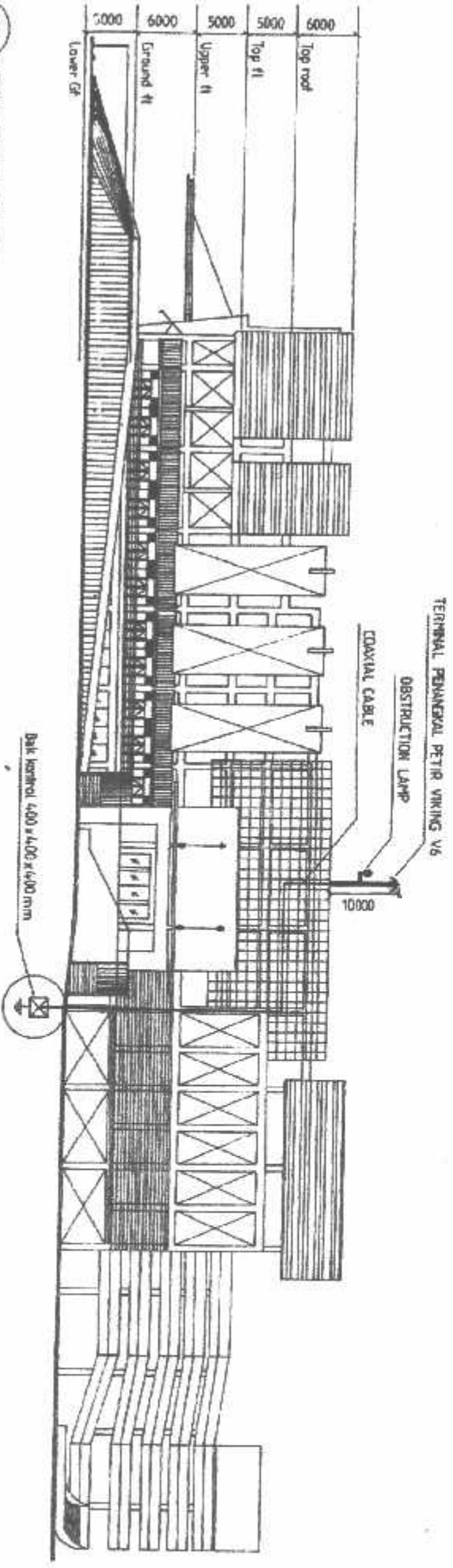
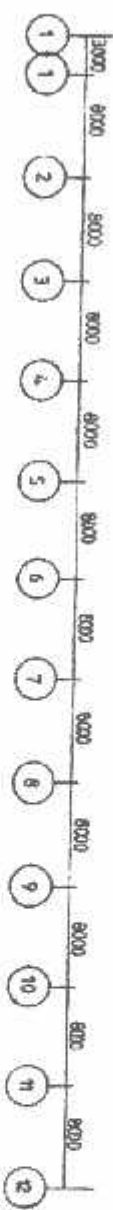
Gambar 25. Instalasi Penangkal Petir *E.F (Viking)*.

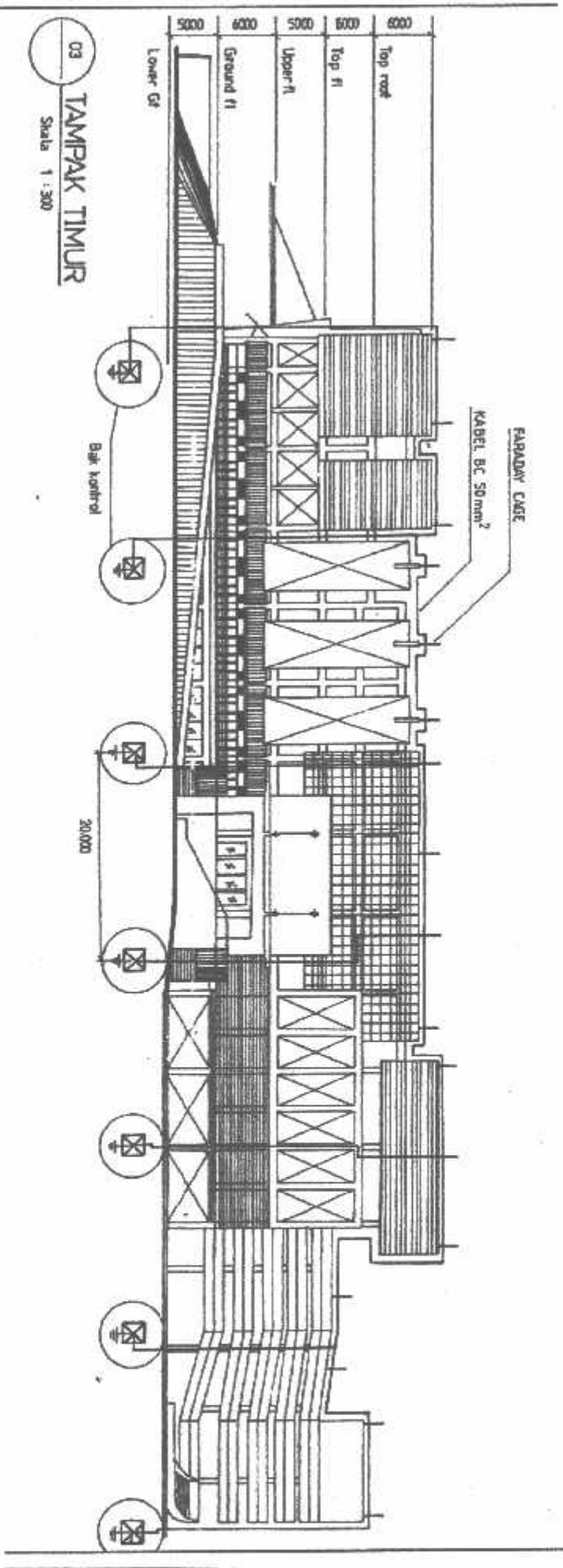
1 Detail Penangkal di Atas Atap



2 Detail Runcingan Penangkal Petir

01 TAMPAK TIMUR
SKALA 1 : 300





03 TAMPAK TIMUR
 Skala 1 : 300

Operating Principles

The Viking Early Streamer Emission product operates as ION GUN which fires the large number of ions to the atmosphere just before the storm strike.

Releasing the ions to atmosphere will automatically generate the lightning path is known as Upward Leader which is earlier than other nearby high point and also reduce the initiation time of CORONA effect.

Product Description

The VIKING Early Streamer Emission product is equipped with

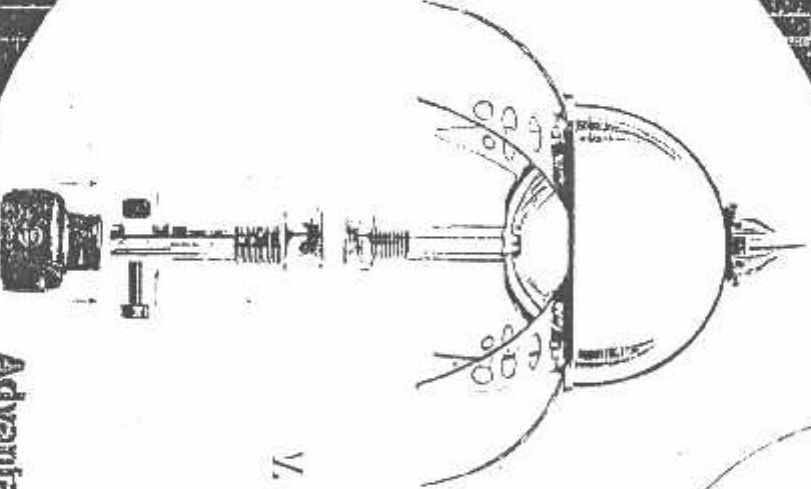
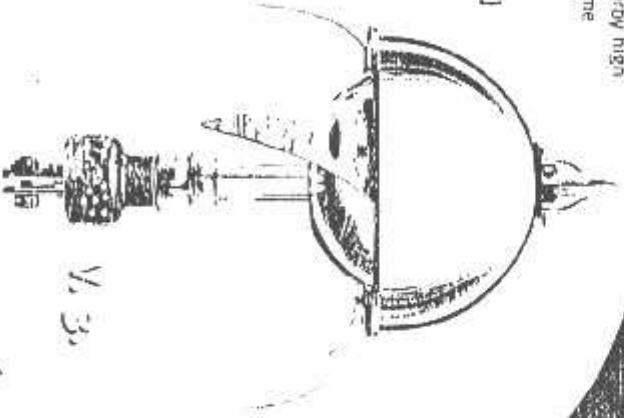
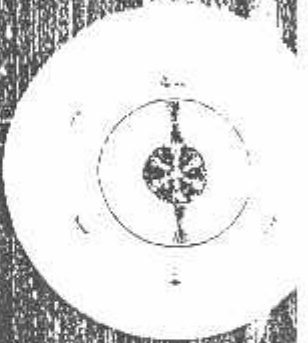
the following :

- Electrical Inputs Sensors and Electric energy collector
- Lightning Pick up rod.
- Ions generator terminal.
- Electronic ion generator.



Basic operation of VIKING Early Streamer Emission is to collect ambient electrical energy in the atmosphere, store it and release it on the right moment just before the lightning strike. Electrical energy collected by triangle shape terminal which located at lower part of product and stored it within electronic ion generator. When the storm approaches the earth, it causes the rapidly escalating electric field in the atmosphere.

This phenomenon is detected by the triangle shape terminal and send the information to electronic ion generator to produce a large no of ion and release them to the atmosphere. Releasing a large no of ion to the atmosphere will generate upward leader faster rather than other nearby high point. This means that the VIKING Early Streamer product becomes the first priority to be strike by the storm.

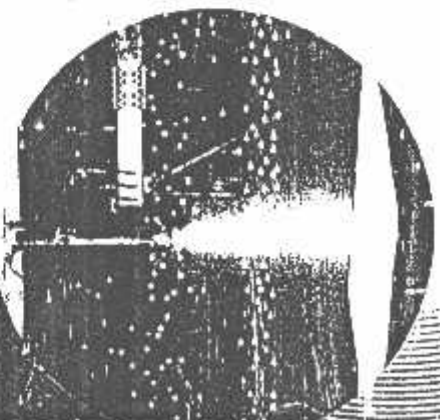


Early Streamer

Product Range

There are 2 models in the VIKING range and each model has different performance specification corresponding to different protection radii. Both model are made of stainless steel which particularly suited to any corrosive environments.

Streamers conductor



Advantages

- Long life operation as it works only just before the lightning.
- Export quality with robust mechanical designed.
- The VIKING Early Streamer Emission product is designed for both positive or negative lightning.
- Performance and reliability tested in a high voltage laboratory.
- Competitive price on the total system including installation.

... to be maintained by the manufacturer. Standard NF C 101-101 is used for VIKING lightning conductor. It is calculated by the following formula:

$$R_p(m) = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}, \text{ where } h > 5 \text{ m}$$

where $h \leq 5 \text{ m}$, protection radius is taken of the table shown below:

R_p = Height of VIKING above the area to be protected.
 if the VIKING is to be used to protect the building, the height of mast should be added to the building height in calculation of the radius. R_p is the ground level of building.

D = Striking distance in value 20m, 45m or 60m depending on the protection level required according to the lightning risk on the area to be protected.

ΔL = $10^6 \Delta T$ (usec)
 ΔT (usec) = Triggering advance which determined in High Voltage Test Laboratory depending on the selected type of VIKING

Level 1 protection : D = 20 m

h(m)	2	3	4	5	6	7	8	10	15	20
Type										
V3	25	32	50	64	64	64	65	65	65	66
V6	34	52	70	87	87	87	87	87	88	88

Level 2 protection : D = 45 m

h(m)	2	3	4	5	6	8	10	15	20	45
Type										
V3	33	49	66	82	83	85	85	88	89	92
V6	43	64	85	107	107	108	109	111	112	115

Level 3 protection : D = 60 m

h(m)	2	3	4	5	6	8	10	20	45	60
Type										
V3	36	55	74	92	92	93	96	101	109	110
V6	47	70	93	118	118	119	120	124	131	132

Type	ΔT (usec)	Weight (Kg)
V3	50	3.4
V6	70	4.3

AUTHORIZED DISTRIBUTOR:



SAFER

more

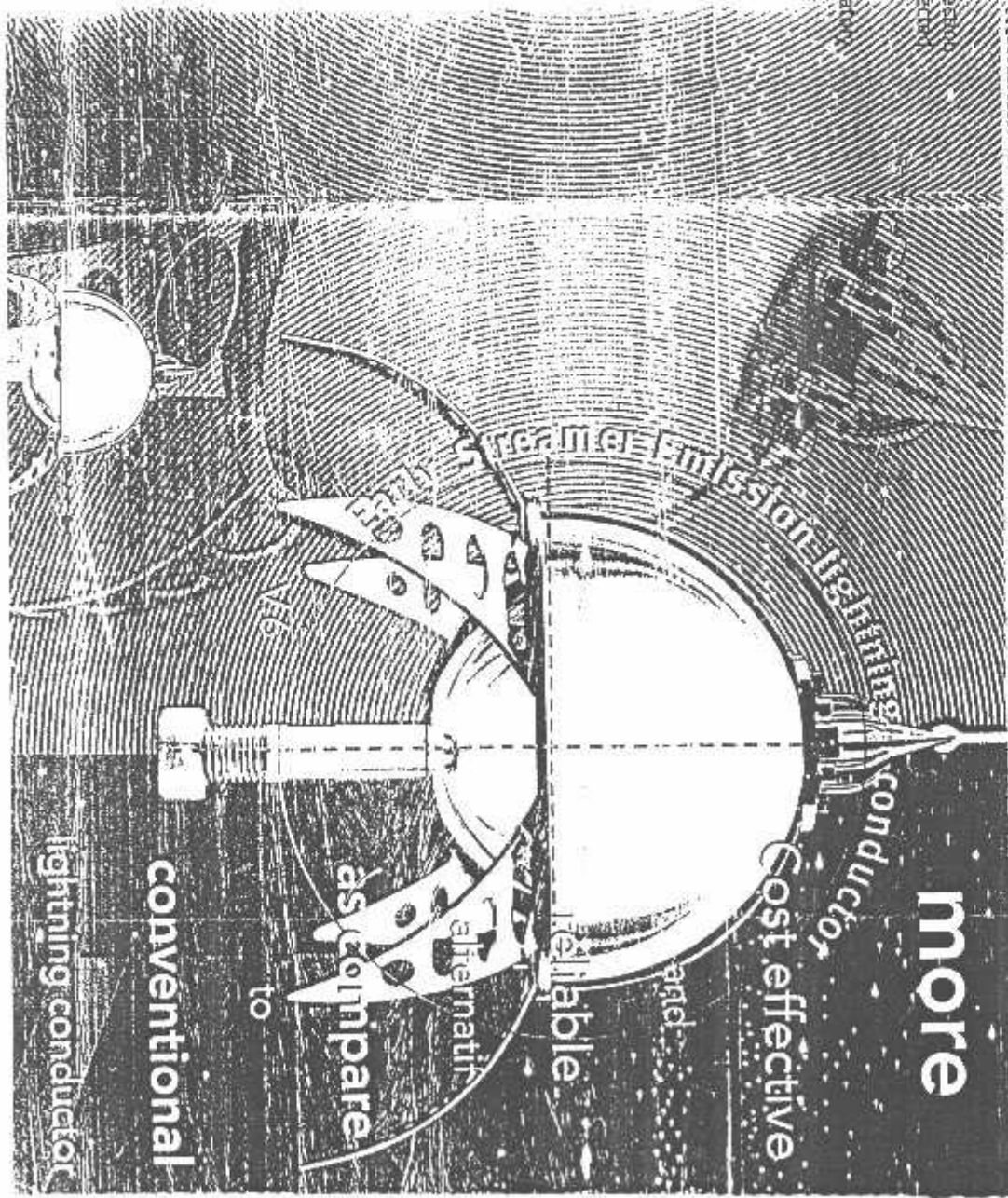
Cost effective

reliable

as compare

conventional

lightning conductor





YAYASAN PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

KAMPUS : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431(Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Nomor : 040/EL-04/TA/2007
Lampiran : -
Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. Ir. Teguh Herbasuki, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
Malang

Dengan Hormat,

Sesuai dengan permohonan persetujuan dalam Tugas Akhir untuk mahasiswa:

N a m a : Herlambang Kukuh Imanu
No. Mahasiswa : 0352012
Program Studi : Teknik Elektro D-III
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Pengangkal Petir Tipe Electrostatic (Viking) dg
Tipe Faraday Cage yang Dipakai Di Malang Town Square

Maka dengan ini pembimbingan Tugas Akhir tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara, terhitung mulai tanggal 03/04/2007 s/d 03/07/2007

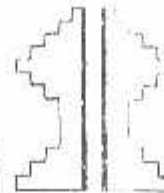
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

Malang, 3 April 2007
Ketua Jurusan Jurusan Teknik Elektro D-III



E. NAWATA KURNIA PUTRA

chanical, Electrical, Contractors And Suppliers
ounding and Lightning Protection Instrument



ok Perkantoran Ruko 21 Klampis Blok F, No. 7 Jl. Arif Rahman Hakim No. 51 Surabaya 60117
(031) 5929345 (Hunting 8 Lines) Fax : (031) 5929347 E-mail address : nawata@indo.net.id

NAWATA

No. Ref : 01/LPI/NKP/NS/11/05

Surabaya, 24 Februari 2005

Kesniar YIP,
PT. ISKABA
Jl. Raya Panjang Plaza
Kedoya Blok Blok ED 35/36
JAKARTA

Hal : Penawaran Harga
Lp : Bp. Indra

Dengan Hormat,
Untuk memenuhi kebutuhan proyek Matahari Town Square di Malang, maka bersama ini kami sampaikan penawaran harga pekerjaan pengadaan & pemasangan penangkal petir dengan perincian sebagai berikut :

Alternatif I : Dengan Air Terminal Viking V6 R. 100 :

Jumlah	Uraian Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1 unit	Air Terminal Viking V6 R. 100	Rp. 11.100.000,-	Rp. 11.100.000,-
154 mm	Kabel NYY 1 x 70 mm ²	Rp. 75.000,-	Rp. 11.550.000,-
1 lot	Pekerjaan instalasi diatas bangunan : - Tiang penangkal petir - Dudukan tiang penangkal petir - Grounding system - Bak kontrol - Klem - klem kabel - Material bantu - Upah kerja	Rp. 6.000.000,-	Rp. 6.000.000,-
	Sub. Total		Rp. 28.650.000,-
	Disc. 35%		Rp. 10.027.500,-
	Tota		Rp. 18.622.500,-
1 lot	Ijin / pengesahan Deanaker	Rp. 600.000,-	Rp. 600.000,-
	Grand Total		Rp. 19.222.500,-

Alternatif II : Dengan Air Terminal Guardian LPI CAT II R. 100 :

Jumlah	Uraian Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1 unit	Air Terminal Guardian LPI CAT II R. 100 Ex. Australia	Rp. 16.000.000,-	Rp. 16.000.000,-
1 unit	Upper termination kit	Rp. 750.000,-	Rp. 750.000,-
1 unit	Tiang fiberglass	Rp. 250.000,-	Rp. 250.000,-
154 mm	Kabel NYY 1 x 70 mm ²	Rp. 75.000,-	Rp. 11.550.000,-
1 lot	Pekerjaan instalasi diatas bangunan : - Tiang penangkal petir - Dudukan tiang penangkal petir - Grounding system - Bak kontrol - Klem - klem kabel - Material bantu - Upah kerja	Rp. 6.000.000,-	Rp. 6.000.000,-
	Sub. Total		Rp. 34.550.000,-
	Disc. 35%		Rp. 12.092.500,-
	Total		Rp. 22.457.500,-
1 lot	Ijin / pengesahan Depuaker	Rp. 600.000,-	Rp. 600.000,-
	Grand Total		Rp. 23.057.500,-

AUTHORIZED DEALER : Diesel Generating Sets
Lightning Protection International