



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMALISASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL  
MENGUNAKAN JENIS EARLY STREAMER  
(STUDI KASUS UPT LAGG BPPT)**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**ASEP DADAN HERMAWAN  
0806365381**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK**

**2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMALISASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL  
MENGUNAKAN JENIS EARLY STREAMER  
(STUDI KASUS UPT LAGG BPPT)**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**Oleh**


**ASEP DADAN HERMAWAN  
0806365381**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK**

**2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama** : Asep Dadan Hermawan  
**NPM** : 0806365381  
**Tanda Tangan** :   
**Tanggal** : 14 Juni 2010

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

### **OPTIMALISASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL MENGUNAKAN JENIS EARLY STREAMER (STUDI KASUS UPT LAGG BPPT)**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia dan untuk diajukan dalam presentasi skripsi.

Depok,  
Menyetujui, 8 Juli 2010

Dosen Pembimbing I,

  
Budi Sudiarto, ST.,MT

NIP. 1979073120081201003

Dosen Pembimbing II,

  
Aji Widyanto, ST.,MT

NIP. 040603006

### **DEWAN PENGUJI**

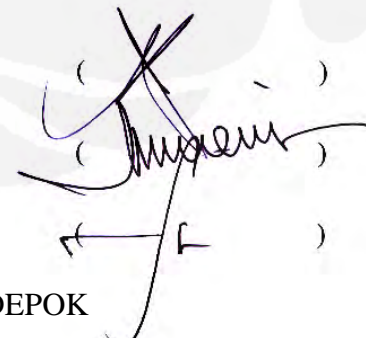
Ketua : Budi Sudiarto, ST., MT

Penguji I : Amien Rahardjo, ST., MT

Penguji II : Prof. Dr. Iwa Garniwa MK, ST., MT

Ditetapkan di : Ruang GATRIK Lantai I DTE FT UI DEPOK

Hari/tanggal : Kamis/1 Juli 2010

  
(Amien Rahardjo)  
(Amien Rahardjo)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan *Skripsi* dengan judul “*Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis Early Streamer (Studi Kasus UPT LAGG BPPT)*”. *Skripsi* ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dengan kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta atas segenap dukungannya baik moril maupun materil yang diberikan sejak penulis lahir tanpa bisa terbalaskan oleh penulis, terima kasih.
2. Bapak Dr. Abdul Muis, ST., M. Eng sebagai Koordinator Proyek Akhir/Seminar yang telah memberikan kesempatan untuk mengkaji mengenai sistem penangkal petir.
3. Bapak Budi Sudiarto, ST., MT sebagai dosen pembimbing utama dalam pelaksanaan skripsi ini, yang dengan segala kesabaran membimbing penulis.
4. Bapak Aji Widyanto, ST., MT sebagai dosen pembimbing pendamping dalam pelaksanaan skripsi ini, yang dengan segala kesabaran membimbing penulis.
5. Bapak Meedy Koeshartoto, ST selaku Kasubid. Bidang TROM UPT LAGG BPPT atas bimbingan dan saran yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Franky Parulian, ST selaku Staff. Bidang TROM UPT LAGG BPPT atas bimbingan dan saran yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah membantu pelaksanaan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat, Amin.

Penulis,



Asep Dadan Hermawan

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asep Dadan Hermawan  
NPM : 0806365381  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **OPTIMALISASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL MENGUNAKAN JENIS EARLY STREAMER (STUDI KASUS UPT LAGG BPPT)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 14 Juni 2010  
Yang menyatakan,

  
Asep Dadan Hermawan

## ABSTRAK

Nama : Asep Dadan Hermawan  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis Early Streamer (Studi Kasus UPT LAGG BPPT)

Indonesia merupakan daerah dengan hari guruh pertahun yang tertinggi di dunia menurut buku Guinness of Records yakni berkisar antara 180 – 260 hari guruh pertahun dengan kerapatan sambaran petir ketanah (Ng) mencapai 30 sambaran per km<sup>2</sup> per tahun. Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*electrical discharge*) yang terjadi di atmosfer. Sambaran petir langsung dapat menyebabkan kerusakan bangunan, peralatan, kebakaran bahkan korban jiwa. Sedangkan tegangan lebih induksi yang disebabkan sambaran petir tidak langsung dapat mempengaruhi kinerja peralatan, umur pakai bahkan kerusakan peralatan. Hal ini dapat menimbulkan kerugian yang besar sehingga dibutuhkan usaha untuk mengurangi resiko kerusakan akibat sambaran petir. Salah satunya dengan sistem penyalur petir. UPT LAGG BPPT merupakan suatu bangunan yang dipergunakan untuk fasilitas pengujian bidang aeronautika maupun non-aeronautika yang memiliki kapasitas cukup besar. Oleh karena fasilitas bangunan yang berisi oleh alat – alat yang sensitive maka telah terpasang penyalur petir dengan merk *E.F Lightning Protection System* dan *Skylance Lightning Protection System*. Dari kedua penangkal yang telah terpasang ternyata tidak memproteksi seluruh area maka perlu dilakukan perancangan ulang untuk area yang tidak terproteksi. Dalam skripsi ini akan dirancang system penangkal petir bagi area yang belum terproteksi dengan menggunakan metoda konvensional

**Kata kunci** : Sambaran petir, *E.F Lightning Protection System*, *Skylance Lightning Protection System*, Metoda konvensional.

## ABSTRACT

Name : Asep Dadan Hermawan  
Study Programme : Electrical Engineering  
Title : Optimisation of External Lighting Protection System  
Used By Early Streamer (Case Study UPT LAGG BPPT)

Indonesia is the region with the highest per thunder day in the world by the Guinness Book of Records which ranged 180 – 260 thunder days per year with ground lighting density (Ng) reached 30 lighting strikes per km<sup>2</sup> per year. Lighting is a natural event that is the process of electrical discharge, which occurs in atmosphere. Direct lighting strike can cause damage to building, equipment, fires and even fatalities. Meanwhile, overvoltage due to induction of indirect lighting strikes can affect equipment performance, equipment damage and even life time. This can cause huge losses so it takes effort to reduce the risk of damage due to lighting strikes. One of them with lighting dealer system. UPT LAGG BPPT is a building used for field testing facilities aeronautics and non-aeronautics which has a capacity large enough. Therefore, building the facility that contains the tool – a tool that sensitive then the dealer has installed the lighting with the EF and Skylance lighting protection system. From both an anti dote that was installed did not protect the entire area it is necessary to redesign to the area that is not protected. In this paper, we design lighting protection system for areas that have not been protected by using conventional method.

**Keywords :** *Lighting Strikes, EF lighting Protection System, Skylance Lighting Protection System, The Conventional Method.*



## DAFTAR ISI

	<b>Hal.</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
LEMBAR PESETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metodologi .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian petir .....	5
2.2 Proses terjadinya petir .....	6
2.2.1 Pembentukan Awan Bermuatan .....	6
2.2.2 <i>Downward Leader</i> .....	7
2.2.3 <i>Upward Leader</i> .....	8
2.2.4 <i>Return Stroke</i> .....	9
2.2.5 Mekanisme Sambaran Petir .....	9
2.3 Rumusan Masalah .....	10
2.3.1 Arus petir .....	10
2.3.1.1 Arus puncak petir .....	10
2.3.1.2 Muatan Arus petir .....	10
2.3.1.3 Impuls Muatan Arus petir .....	10
2.3.1.4 Kecuraman Arus petir .....	10
2.3.2 Tegangan Petir .....	12
2.3.3 Kecepatan Pembangkitan .....	13
2.3.4 Bentuk Gelombang .....	14
2.4 Efek Sambaran Petir .....	15
2.4.1 Terhadap Manusia .....	15
2.4.2 Terhadap Bangunan .....	15

2.4.3	Terhadap Jaringan dan Instalasi Listrik.....	16
2.4.4	Terhadap Peralatan Elektronik dan Listrik.....	16
2.4.5	Kerusakan Akibat Sambaran Langsung .....	16
2.4.6	Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung .....	16
2.5	Frekuensi Sambaran Petir .....	18
2.6	Taksiran Resiko (Risk Assesment) .....	19
2.6.1	Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir.....	19
2.6.2	Berdasarkan standar NFPA 780 .....	22
2.6.3	Berdasarkan standar IEC 1024-1-1 .....	26
2.7	Proteksi petir .....	27
2.8	Jenis-jenis Proteksi Petir .....	28
2.8.1	Proteksi Petir Pasif .....	28
2.8.1.1	<i>Franklin Rod</i> .....	28
2.8.1.2	Sangkar Faraday .....	29
2.8.1.3	Non – Konvensional (ESE) .....	29
2.8.2	Proteksi Petir Aktif .....	31
2.8.2.1	<i>Ionisasi Corona</i> .....	31
2.8.2.2	Radioaktif .....	31
2.9	Sistem Proteksi Petir Eksternal.....	31
2.9.1	Terminasi udara ( <i>Air Terminal</i> ).....	32
2.9.1.1	<i>E.F Lightning Protection System</i> .....	35
2.9.1.2	<i>Skylance Lightning Protection System</i> .....	37
2.9.2	Konduktor penyalur arus petir ( <i>Down Conductor</i> ) .....	39
2.9.3	Pembumian ( <i>Grounding</i> ).....	40
2.9.3.1	Disipasi Energi Petir .....	41
2.9.3.2	Pengurangan <i>Loop</i> Pembumian .....	41
2.9.3.3	Karakteristik Tanah .....	42
2.9.3.4	Komposisi Tanah .....	42
2.9.3.5	Pengaruh Temperatur.....	44
2.9.4	Elektroda Pembumian .....	45
2.9.4.1	Jenis Elektroda Pembumian.....	45
2.9.4.2	Pemasangan & Susunan Elektroda Pembumian ..	48
2.9.4.3	Pemilihan Bahan .....	50
2.10	Sistem Proteksi Petir Internal.....	50
2.10.1	Tahap – tahap evaluasi sistem proteksi internal .....	52
<b>BAB III PENGUMPULAN DATA .....</b>		<b>54</b>
3.1	Keadaan Lokasi .....	54
3.1.1	Denah Lokasi .....	54
3.1.2	Penyalur Petir Eksternal .....	54
3.2	Instalasi penyalur petir eksternal .....	55
3.3	Lokasi Penempatan Penyalur Petir .....	56
3.4	Detail Peralatan Instalasi Penyalur Petir .....	58
3.4.1	<i>Lightning Terminal</i> .....	58
3.4.2	Elektroda Pembumian .....	60
3.5	Hari Guruh .....	61

3.6	Letak gedung dengan instalasi petir.....	62
3.7	Letak gedung tanpa instalasi petir.....	62
3.8	Sistem proteksi petir internal yang terpasang .....	63
3.8.1	<i>Karakteristik OBO Arrester &amp; Diagram Pengawatannya</i> ..	64
<b>BAB IV ANALISIS &amp; EVALUASI .....</b>		<b>65</b>
4.1	Diagram Alir Sistem Proteksi Petir.....	65
4.2	Taksiran Resiko .....	66
4.2.1	Berdasarkan Gedung Tertinggi (Gedung 244) .....	66
4.2.1.1	Jenis Elektroda Pembumian.....	66
4.2.1.2	Pemasangan & Susunan Elektroda Pembumian ..	66
4.2.1.3	Pemilihan Bahan.....	67
4.2.2	Berdasarkan Beberapa Ketinggian Bangunan .....	70
4.3	Daerah Proteksi.....	71
4.3.1	Metode Zona proteksi Razevig.....	72
4.3.1.1	Penyalur 1 .....	72
4.3.1.2	Perbandingan dengan Luas Daerah Penyalur 1 ...	73
4.3.1.3	Penyalur 2 .....	73
4.3.1.4	Perbandingan dengan Luas Daerah Penyalur 2 ...	74
4.3.2	Metode Bola Bergulir.....	74
4.3.2.1	Perbandingan dengan Luas Daerah .....	75
4.3.3	Metoda ESE.....	75
4.3.3.1	<i>E.F Lightning Protection System</i> .....	75
4.3.3.2	Perbandingan dengan luas daerah <i>E.F System</i> ....	76
4.3.3.3	<i>Skylance Lightning Protection System</i> .....	76
4.3.3.4	Perbandingan luas daerah <i>Skylance System</i> .....	77
4.4	Penangkap Petir.....	77
4.4.1	Radius Proteksi Penangkap Petir 1 .....	77
4.4.2	Radius Proteksi Penangkap Petir 2.....	78
4.5	Penghantar Penyalur .....	80
4.6	Elektroda Pembumian.....	81
4.7	Sistem Pembumian.....	81
4.7.1	Penyalur 1 .....	81
4.7.2	Penyalur 2.....	82
4.8	Tingkat Kebutuhan Proteksi .....	82
4.9	Evaluasi Penyalur Petir .....	84
4.9.1	Penempatan Ulang.....	84
4.9.2	Penambahan.....	87
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>89</b>
5.1	Kesimpulan .....	89
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>		<b>xv</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Hal.</b>
Gambar 2.1 Petir .....	5
Gambar 2.2 Pembentukan awan petir .....	6
Gambar 2.3 Pembentukan badai petir & ionisasi natural.....	7
Gambar 2.4 Downward Leader .....	8
Gambar 2.5 <i>Upward Leader</i> .....	8
Gambar 2.6 <i>Return Stroke</i> .....	9
Gambar 2.7 Kemungkinan distribusi muatan awan petir yang umum terjadi.....	10
Gambar 2.8 Tahapan sambaran petir bermuatan negatif & positif .....	11
Gambar 2.9 Bentuk oscilogram gelombang petir .....	12
Gambar 2.10 Gelombang petir tipikal.....	14
Gambar 2.11 Efek sambaran petir terhadap manusia.....	15
Gambar 2.12 Sambaran petir mengenai tangki bahan bakar.....	16
Gambar 2.13 Kopling resistif.....	17
Gambar 2.14 Kopling induktif .....	17
Gambar 2.15 Area cakupan ekivalen bangunan gedung.....	18
Gambar 2.16 Nilai kritis efisiensi sistem proteksi petir.....	27
Gambar 2.17 Sistem proteksi kerucut .....	29
Gambar 2.18 Metoda sangkar faraday .....	29
Gambar 2.19 Metoda non konvensional .....	31
Gambar 2.20 Zona proteksi penyalur petir razevig.....	33
Gambar 2.21 Zona proteksi metoda bola bergulir ( <i>Rolling Sphere Method</i> ).....	34
Gambar 2.22 Daerah lindung metoda bola bergulir dengan $r > h$ .....	36
Gambar 2.23 <i>E.F Lighting Terminal</i> dan <i>Fiberglass Mounting</i> .....	37
Gambar 2.24 <i>E.F Carrier</i> .....	37
Gambar 2.25 <i>E.F Lighting Counter</i> .....	37
Gambar 2.26 <i>Skylance Lighting Terminal</i> dan <i>Fiberglass Mounting</i> .....	39
Gambar 2.27 <i>Skylance Lighting Counter</i> .....	39
Gambar 2.28 <i>Eliminate Earth Loops</i> .....	42
Gambar 2.29 Hubungan antara konsentrasi air dengan tahanan jenis tanah.....	43
Gambar 2.30 Hubungan temperatur dengan tahanan jenis tanah.....	45
Gambar 2.31 Pembumian dengan satu batang elektroda .....	45
Gambar 2.32 Pembumian dengan dua batang elektroda.....	46
Gambar 2.33 Cara pemasangan elektroda pita.....	47
Gambar 3.1 Denah lokasi.....	54
Gambar 3.2 Penyalur petir 1 eskternal.....	55
Gambar 3.3 Penyalur petir 2 eksternal ( <i>new</i> ).....	55
Gambar 3.4 <i>E.F Lightning Terminal 1</i> .....	56

Gambar 3.5 Bak kontrol penyalur petir 1.....	56
Gambar 3.6 <i>Skylance Lightning Terminal 2(new)</i> .....	56
Gambar 3.7 Bak kontrol penyalur petir 2( <i>new</i> ) .....	56
Gambar 3.8 Lokasi penempatan penyalur petir 1 dan 2( <i>new</i> ) .....	57
Gambar 3.9 Detil terminal penyalur petir 1 .....	58
Gambar 3.10 Detil terminal penyalur petir 2( <i>new</i> ) .....	58
Gambar 3.11 Detil elektrode penyalur petir 1.....	60
Gambar 3.12 Detil elektrode penyalur petir 2( <i>new</i> ).....	60
Gambar 3.13 Persebaran hari guruh di wilayah Indonesia .....	61
Gambar 3.14 Arester OBO V20 C .....	63
Gambar 3.15 Diagram Pengawatan Arester OBO V20 C.....	64
Gambar 4.1 Diagram alir sistem proteksi petir .....	65
Gambar 4.2 Area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 1 .....	68
Gambar 4.3 Area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 2 .....	68
Gambar 4.4 Area proteksi untuk penyalur petir 1 & 2.....	79
Gambar 4.5 Evaluasi area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 1 .....	80
Gambar 4.6 Evaluasi area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 2 .....	80
Gambar 4.7 Penempatan ulang penyalur petir .....	86
Gambar 4.8 Penambahan penyalur petir .....	87

## DAFTAR TABEL

	<b>Hal.</b>
Tabel 2.1 Kaitan parameter arus petir dengan tingkat proteksi .....	12
Tabel 2.2 Amplitudo Arus Petir dan Kemungkinan Terjadinya .....	13
Tabel 2.3 Waktu Pencapaian Harga Puncak dan Kemungkinan Terjadinya .....	14
Tabel 2.4 Indeks A : Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi.....	19
Tabel 2.5 Indeks B : Bahaya Berdasarkan Kontruksi Bangunan.....	20
Tabel 2.6 Indeks C : Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan .....	20
Tabel 2.7 Indeks D : Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan.....	20
Tabel 2.8 Indeks E : Bahaya Berdasarkan Pengaruh Kilat/Hari Guruh.....	21
Tabel 2.9 Indeks R : Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP .....	21
Tabel 2.10 Indeks A : Jenis Struktur.....	22
Tabel 2.11 Indeks B : Jenis Konstruksi.....	23
Tabel 2.12 Indeks C : Lokasi Bangunan .....	24
Tabel 2.13 Indeks D : Topografi .....	24
Tabel 2.14 Indeks E : Penggunaan dan Isi Bangunan.....	25
Tabel 2.15 Indeks F : Isokeraunic Level.....	25
Tabel 2.16 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan NFPA 780.....	26
Tabel 2.17 Efisiensi Sistem Proteksi Petir .....	26
Tabel 2.18 Penempatan Terminasi Udara Berdasarkan Tingkat Proteksi.....	27
Tabel 2.19 Sudut Lindung menurut IEC-62305.....	35
Tabel 2.20 Radius proteksi E.F Lightning Protection System.....	37
Tabel 2.21 Radius proteksi <i>Skylance Lightning Protection System</i> .....	38
Tabel 2.22 Dimensi minimum penghantar penyalur untuk bahan SPP .....	41
Tabel 2.23 Tahanan Penumbumian.....	43
Tabel 2.24 Besar dan ukuran elektroda pennumbumian.....	47
Tabel 2.25 Jenis Bahan untuk Proteksi dan Ukuran Terkecil .....	48
Tabel 3.1 Radius Daerah Proteksi <i>E.F. Lightning Protection System</i> .....	59
Tabel 3.2 Radius Daerah Proteksi <i>Skylance Lightning Protection System(new)</i> ..	59
Tabel 3.3 Jumlah hari guruh daerah Tangerang tahun 2008.....	62
Tabel 3.4 Letak penangkal petir.....	62
Tabel 3.5 Letak tanpa penangkal petir .....	63
Tabel 4.1 Efisiensi Sistem Proteksi Petir .....	70
Tabel 4.2 Hasil perhitungan untuk variasi ketinggian gedung.....	71
Tabel 4.3 Radius Proteksi <i>E.F Lightning Protection System</i> .....	75
Tabel 4.4 Radius Proteksi <i>Skylance Lightning Protection System</i> .....	76
Tabel 4.5 Tingkat proteksi berdasarkan kebutuhan .....	83

Tabel 4.6 Tingkat proteksi berdasarkan PUIPP & NPFA 780.....	83
Tabel 4.7 Biaya bongkar pasang penangkal petir .....	86
Tabel 4.8 Biaya pemasangan penangkal petir.....	88



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan daerah dengan hari guruh pertahun tertinggi di dunia menurut buku *Guinness of Records* yakni berkisar antara 180 – 260 hari guruh pertahun dengan kerapatan sambaran petir ke tanah (Ng) mencapai 30 sambaran per km<sup>2</sup> per tahun.

Petir merupakan kejadian alam dimana terjadi loncatan muatan listrik antara awan dengan bumi. Loncatan muatan listrik tersebut diawali dengan mengumpulkannya uap air di dalam awan. Ketinggian antara permukaan atas dan permukaan bawah pada awan dapat mencapai jarak sekitar 8 km dengan temperatur bagian bawah sekitar 15,5 °C dan temperatur bagian atas sekitar -51 °C. Akibatnya, di dalam awan tersebut akan terjadi kristal-kristal es. Karena di dalam awan terdapat angin ke segala arah, maka kristal-kristal es tersebut akan saling bertumbukan dan bergesekan sehingga terpisahkan antara muatan positif dan muatan negatif.

Pemisahan muatan inilah yang menjadi sebab utama terjadinya sambaran petir. Pelepasan muatan listrik dapat terjadi di dalam awan, antara awan dengan awan dan antara awan dengan bumi tergantung dari kemampuan udara dalam menahan beda potensial yang terjadi.

Petir yang dikenal sekarang terjadi akibat awan dengan muatan tertentu menginduksi muatan yang ada di bumi. Bila muatan di dalam awan bertambah besar, maka muatan induksi makin besar sehingga beda potensial antara awan dengan bumi makin besar. Kejadian ini diikuti sambaran pelopor yang menurun dari awan dan diikuti dengan adanya sambaran pelopor yang naik dari bumi mendekati sambaran pelopor yang turun. Pada saat itulah terjadi apa yang dinamakan petir.

Sambaran petir langsung dapat menyebabkan kerusakan bangunan, peralatan, kebakaran bahkan korban jiwa, sedangkan tegangan lebih induksi yang disebabkan sambaran petir tidak langsung dapat mempengaruhi kinerja peralatan,



umur pakai bahkan kerusakan peralatan. Hal ini dapat menimbulkan kerugian yang besar, sehingga dibutuhkan usaha untuk mengurangi resiko kerusakan akibat sambaran petir, yaitu dengan sistem proteksi petir.

Sistem proteksi petir pada bangunan meliputi sistem proteksi petir eksternal dan internal, sistem proteksi petir eksternal berfungsi untuk mengurangi resiko terhadap bahaya kerusakan akibat sambaran langsung pada bangunan yang dilindungi, sedangkan sistem proteksi petir internal bertujuan untuk melindungi instalasi peralatan di dalam bangunan terhadap tegangan lebih akibat sambaran petir. Perancangan sistem proteksi petir dipengaruhi karakteristik bangunan yang diproteksi dan karakteristik tahanan tanah di daerah tersebut.

Di area UPT LAGG BPPT terdapat beberapa wilayah yang tidak terproteksi dan tidak adanya evaluasi terhadap penangkal petir yang terpasang. Dari skripsi ini dapat ditentukan tingkat kehandalan sistem pembumian proteksi petir eksternal, perhitungan besar resiko sambaran petir, perhitungan besarnya tahanan pembumian dan merancang instalasi proteksi petir untuk daerah yang belum terproteksi.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan adalah :

- a. Mengevaluasi instalasi proteksi petir pada UPT LAGG BPPT.
- b. Menganalisis dan memberikan usulan pemasangan instalasi proteksi petir untuk mendapatkan kehandalan yang lebih baik.
- c. Mendapatkan kehandalan instalasi proteksi petir eksternal pada UPT LAGG BPPT yang telah terpasang.

## **1.3 Rumusan masalah**

Sistem proteksi petir pada suatu bangunan riset harus mendapat perhatian yang serius, mengingat bahwa dampak negatif dari sambaran petir dapat menimbulkan banyak kerugian baik terhadap peralatan, manusia maupun pada bangunan itu sendiri dan kerugian ekonomi yang terjadi. Maka dari itu yang menjadi rumusan masalah adalah :

- a. Evaluasi instalasi proteksi petir di UPT LAGG BPPT yang terpasang.

- b. Pengamanan terhadap bangunan perlu diperhatikan berdasarkan pada tabel analisa resiko.
- c. Perkiraan bahaya kerusakan yang ditimbulkan sangat besar berdasarkan analisa resiko.
- d. Merancang sistem penangkal petir.

#### **1.4 Batasan masalah**

Batasan masalah yang akan dibahas adalah :

- a. Tinjauan ulang area proteksi petir eksternal.
- b. Tinjauan tahanan pembumian pada proteksi petir eksternal yang telah terpasang.
- c. Evaluasi instalasi proteksi petir eksternal.
- d. Usulan rancangan proteksi petir eksternal yang lebih aman, untuk daerah yang belum terproteksi melalui metoda non konvensional berdasarkan *master plan*.

#### **1.5 Metodologi**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menempuh langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur  
Dilakukan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan sistem proteksi petir.
- b. Penelitian Lapangan  
Penulis mengumpulkan data dengan melakukan observasi langsung terhadap objek yang dijadikan masalah.
- c. Analisis Perhitungan  
Setelah mendapatkan spesifikasi dari objek yang bersangkutan maka penulis melakukan perhitungan untuk menganalisis kasus yang terjadi.
- d. Rancangan  
Berdasarkan perhitungan maka penulis melakukan rancangan berupa perencanaan sistem proteksi petir eksternal sehingga didapatkan area proteksi yang lebih aman berdasarkan *master plan*.

e. Gambar Perencanaan

Setelah melakukan perhitungan dan rancangan maka diaplikasikan dalam gambar rencana sistem proteksi petir eksternal.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami isi laporan ini, maka penulisan laporan tugas akhir ini ditata sedemikian rupa mengikuti sistematika sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, metoda penulisan dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori berisi tentang teori-teori pendukung dalam penyusunan laporan proyek akhir, baik dari makalah, internet maupun buku-buku referensi lainnya yang meliputi proses terjadinya petir, karakteristik petir dan tipe maupun bahan dari konduktor proteksi dan sistem pembumian, dll.

Bab III Pengumpulan Data berisi tentang data bangunan, lapangan, area proteksi dan data lainnya yang berkaitan dengan data mentah sebagai bahan olahan pada bab berikutnya.

Bab IV Analisis dan Evaluasi Data berisi tentang perhitungan nilai tahanan pembumian, perhitungan luas area proteksi bahaya petir, menganalisa dan mengevaluasi instalasi proteksi petir serta merancang sistem pengangkal petir non konvensional berdasarkan *master plan*.

Bab V Kesimpulan berisikan kesimpulan yang di dapat dari hasil dari analisis dan evaluasi.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengertian petir

Petir adalah sebuah cahaya yang terang benderang yang dihasilkan oleh tenaga listrik alam yang terjadi diantara awan - awan atau awan ketanah. Sering terjadi bila cuaca mendung atau badai. Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*electrical discharge*) yang terjadi di atmosfer. Peristiwa pelepasan muatan ini akan terjadi karena terbentuknya konsentrasi muatan – muatan positif dan negatif didalam awan ataupun perbedaan muatan dengan permukaan bumi.



Gambar 2.1 Petir

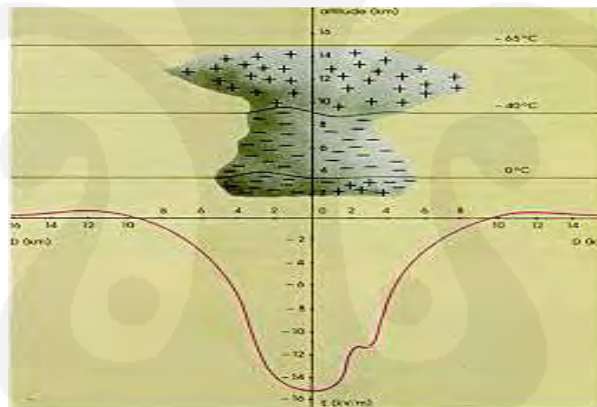
Ketinggian antara permukaan atas dan permukaan bumi pada awan dapat mencapai jarak sekitar 8 km dengan temperature bagian bawah sekitar  $13^{\circ}\text{C}$  dan temperatur bagian atas sekitar  $-65^{\circ}\text{C}$ . Akibatnya, didalam awan tersebut akan terjadi kristal-kristal es. Karena didalam awan terdapat angin ke segala arah, maka kristal-kristal es tersebut akan saling bertumbukan dan bergesekan sehingga terpisahkan antara muatan positif dan muatan negatif. Pemisahan muatan inilah yang menjadi sebab utama terjadinya sambaran petir. Pelepasan muatan listrik dapat terjadi didalam awan, antara awan dengan awan dan antara awan dengan bumi tergantung dari kemampuan udara dalam menahan beda potensial yang terjadi.

Panjang kanal petir bisa mencapai beberapa kilometer, dengan rata-rata 5 km. Kecepatan pelopor menurun dari awan bisa mencapai 3% dari kecepatan cahaya. Sedangkan kecepatan pelepasan muatan balik mencapai 10% dari kecepatan cahaya. Dimana besar kecepatan cahaya ( $c$ ) adalah  $3 \times 10^8$  km/s.

## 2.2 Proses terjadinya petir

### 2.2.1 Pembentukan Awan Bermuatan

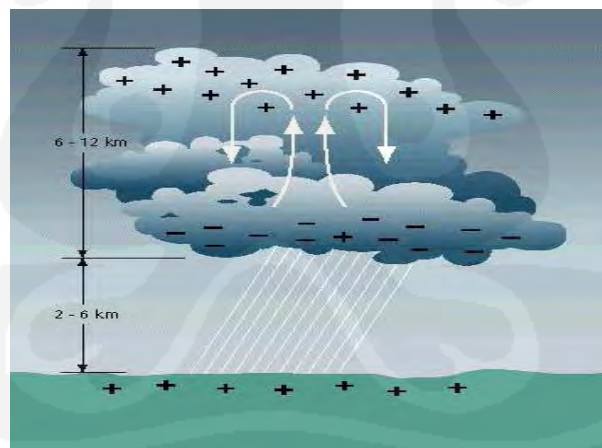
Terjadinya petir merupakan hasil dari proses pada atmosfer sehingga muatan terkumpul pada awan. Terjadinya awan merupakan konsekuensi dari ketidakstabilan atmosfer bumi. Energi sinar matahari menumbuk partikel udara dan akan memanaskan lapisan udara bagian bawah yang akan menyebabkan berkurangnya kerapatan dan atmosfer menjadi tidak stabil untuk gerakan keatas. Hal ini disebabkan tekanan atmosfer berkurang sebanding dengan ketinggian yang akan mengakibatkan udara yang memuai akan bergerak keatas.



Gambar 2.2 Pembentukan awan petir

Gerakan lapisan udara keatas akan menurunkan temperatur lapisan udara sehingga pada ketinggian dan temperatur tertentu akan terbentuk uap air dan terbentuk titik-titik air yang terkumpul membentuk awan. Dalam keadaan normal pada atmosfer bumi terdapat sejumlah ion-ion positif dan negatif yang tersebar acak. Ion-ion ini terjadi karena tumbukan atom, pancaran sinar kosmis dan energi *thermis*. Pada keadaan cuaca cerah diudara terdapat medan listrik yang berarah tegak lurus kebawah menuju bumi. Dengan adanya medan listrik itu, butiran air yang terdapat diudara akan terpolarisasi karena induksi. Bagian atas bermuatan negatif dan bagian bawah bermuatan positif. Dengan demikian butiran air yang terdapat di awan akibat proses kondensasi akan terpolarisasi. Didalam awan

adakalanya terjadi pergerakan arus udara keatas membawa butir-butir air yang berat jenisnya rendah dengan kecepatan sekitar 30 sampai 40 m/s. Karena mengalami pendinginan, butiran air ini akan membeku sehingga berat jenisnya membesar yang mengakibatkan timbulnya gerakan udara kebawah dengan kecepatan cukup tinggi. Dalam pergerakan didalam awan ini, pada permukaan bagian bawah butiran air timbul gaya tarik terhadap ion-ion negatif yang mempunyai mobilitas rendah, sedangkan ion-ion positif ditolak. Akibatnya pada butiran air ini terkumpul muatan negatif. Butir-butir air yang besar akan membawa muatan negatif berkumpul di awan bagian bawah sedangkan butir-butir air yang lebih kecil yang bermuatan positif berkumpul di awan bagian atas. Bersamaan terjadinya pengumpulan muatan, pada awan timbul medan listrik yang intensitasnya semakin bertambah besar. Akibatnya gerakan kebawah butir-butir air menjadi terhambat atau terhenti. Dengan terjadinya muatan pada awan bagian bawah, di permukaan bumi terinduksi muatan yang berlawanan dengan muatan pada awan bagian bawah. Akibatnya terbentuk medan listrik antara awan dengan permukaan bumi. Apabila medan listrik ini melebihi kekuatan tembus udara terjadilah pelepasan muatan.

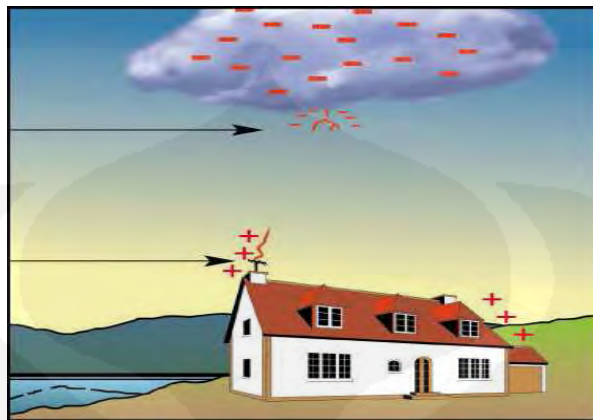


Gambar 2.3 Pembentukan Badai Petir dan Ionisasi Natural

### 2.2.2 Downward Leader

Proses ionisasi pada awan petir tersebut akan menghasilkan medan listrik antara awan petir dan bumi. Apabila medan listrik yang dihasilkan mencapai level *breakdown voltage* kira-kira 100 juta volt terhadap bumi, maka akan terjadi pelepasan elektron dari awan petir ke bumi (*Downward Leader*). Pelepasan muatan elektron ini pada umumnya berupa lidah-lidah petir yang bercahaya yang

turun bertahap menuju permukaan bumi dengan kecepatan rambat rata-rata 100 - 800 km/s. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 *Downward Leader*

### 2.2.3 *Upward Leader*

Terbentuknya *Downward Leader* dengan kecepatan yang tinggi ini menyebabkan naiknya medan listrik yang dihasilkan antara ujung lidah petir tersebut dengan permukaan bumi. Sehingga menyebabkan terbentuknya *Upward Leader* yang berasal dari puncak-puncak tertinggi dari permukaan bumi. Proses ini berlanjut hingga keduanya bertemu disuatu titik ketinggian tertentu, yang dikenal dengan *Striking point*.

Dengan demikian maka lengkaplah sudah pembentukan kanal ionisasi antara awan petir dan bumi, dimana kanal ionisasi ini merupakan saluran udara yang memiliki konduktifitas yang tinggi bagi arus petir yang sesungguhnya.

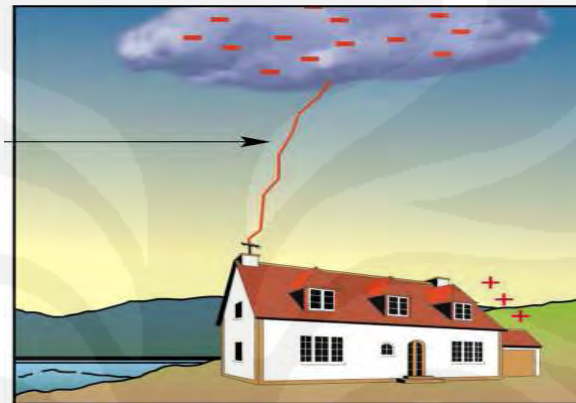


Gambar 2.5 *Upward Leader*



### 2.2.4 Return Stroke

*Return Stroke* yang diistilahkan dengan sambaran balik merupakan arus petir yang sesungguhnya yang mengalir dari bumi menuju awan petir melalui kanal ionisasi yang sudah terbentuk diatas. Oleh karena kanal udara yang terionisasi ini memiliki konduktivitas yang tinggi, maka kecepatan rambat arus petir ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan rambat dari *step leader*, yaitu  $\pm 20.000 - 110.000$  km/s.

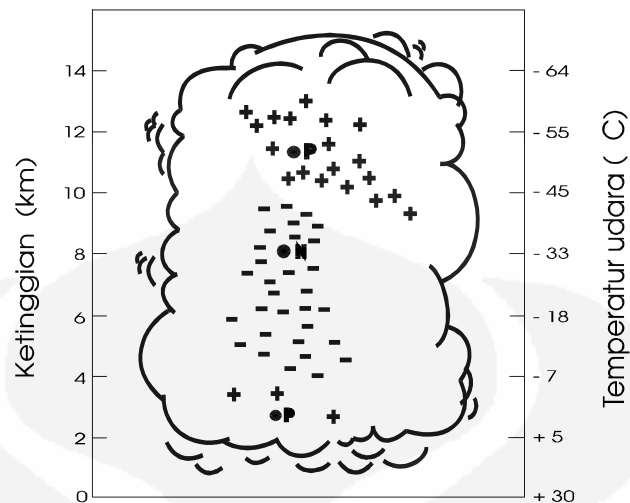


Gambar 2.6 *Return Stroke*

### 2.2.5 Mekanisme Sambaran Petir

Distribusi muatan di awan, pada umumnya dibagian atas ditempati oleh muatan positif, sementara itu dibagian bawah awan yang ditempati oleh muatan negatif. Sambaran akan diawali oleh kanal muatan negatif, menuju daerah yang terinduksi positif. Hal ini menyebabkan sambaran muatan negatif dari awan ke tanah. Dengan adanya awan yang bermuatan akan timbul muatan induksi pada muka bumi, hingga timbul medan listrik. Mengingat dimensinya bumi dianggap rata/sejajar terhadap awan, jadi bumi dan awan dianggap sebagai kedua plat kondensator. Jika medan listrik yang terjadi melebihi medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan, pada saat itulah terjadi petir Gambar 2.1. Berikut ini memperlihatkan kemungkinan distribusi muatan awan petir yang umum terjadi.





Gambar 2.7 Kemungkinan distribusi muatan awan petir yang umum terjadi

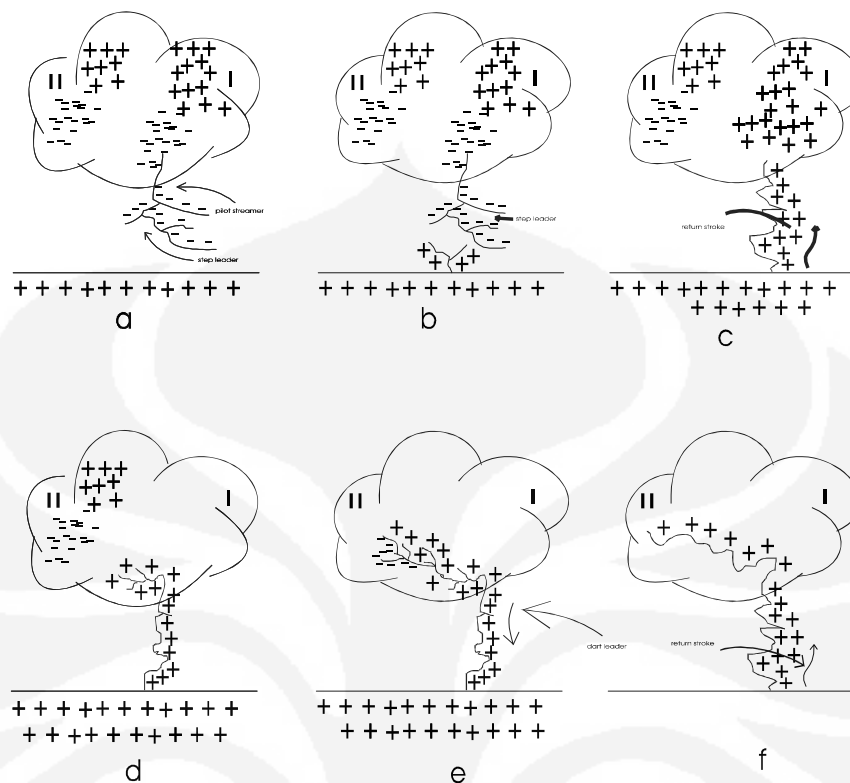
### 2.3 Parameter dan Karakteristik Gelombang Petir

Parameter dan karakteristik petir terdiri atas besar arus dan tegangan petir, kecepatan pembangkitan serta bentuk gelombang petir tersebut.

#### 2.3.1 Arus petir

Bentuk-bentuk oscilogram gelombang arus surja petir dapat dilihat pada gambar 10 Oscilogram dari arus petir tersebut menunjukkan bahwa bagian muka gelombang dari arus petir dicapai dalam waktu  $\pm 10\mu\text{s}$ . Arus puncak mungkin dicapai dalam waktu  $\pm 10\mu\text{s}$  kemudian bagian gelombang arus berikutnya mengalami penurunan dalam durasi beberapa mikrodetik.

Arus petir diukur dengan menggunakan magnetik link yaitu batang berbentuk silinder terbuat dari baja berlapis plastik yang mempunyai tingkat kekerasan ( *coercive* ) yang cukup besar. Hal ini dimaksudkan supaya ketika magnetik link berada dalam medan magnet meskipun beberapa saat kemudian medan magnetnya hilang, magnet link tetap dapat menyimpan sisa magnet yang proporsional dengan intensitas medan magnet di tempat tersebut. Magnetik link umumnya dipasang pada menara telekomunikasi, bangunan tinggi atau menara transmisi.



Gambar 2.8 Tahapan sambaran petir bermuatan negatif dan positif dari awan ke tanah

### 2.3.1.1 Arus Puncak Petir

Arus puncak petir ( $i$  [kA]) merupakan harga maksimum dari arus impuls petir yang dapat menyebabkan tegangan lebih pada tempat sambaran.

### 2.3.1.2 Muatan Arus Petir

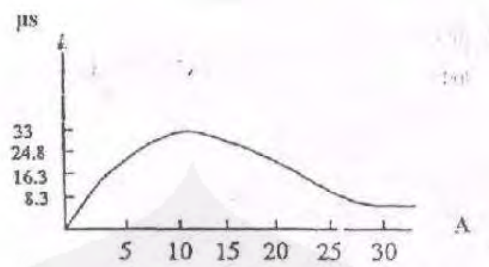
Muatan arus petir ( $Q = \int i dt$  [kAs]) merupakan jumlah muatan arus petir yang dapat menyebabkan peleburan pada ujung objek sambaran.

### 2.3.1.3 Impuls Muatan Arus Petir

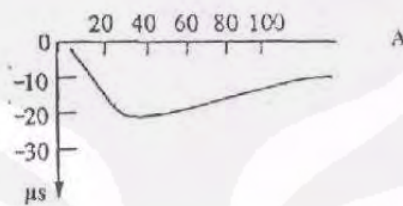
Impuls muatan arus petir ( $Q = \int i^2 dt$  [kA<sup>2</sup>s]) merupakan efek thermis yang dapat menyebabkan panas berlebih pada penghantar.

### 2.3.1.4 Kecuraman Arus Petir

Kecuraman arus petir ( $di/dt$ ) adalah laju kenaikan terhadap waktu yang dapat menyebabkan tegangan induksi elektromagnetik pada benda logam di dekat instalasi penyalur petir.



(a) Arus surja petir dengan polaritas positif



(b) Arus surja petir dengan polaritas negatif

Gambar 2.9 Bentuk oscilogram gelombang petir

Tabel 2.1 Kaitan parameter arus petir dengan tingkat proteksi

Parameter petir		Tingkat proteksi		
		I	II	III – IV
Nilai arus puncak	I(KA)	200	150	100
Muatan ideal	QTotal(C)	300	225	150
Muatan impuls	QImpuls (C)	100	75	50
Energi spesifik	W/R (kJ/Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata - rata	di/dt 30/90% (kA/µS)	200	150	100

### 2.3.2 Tegangan Petir

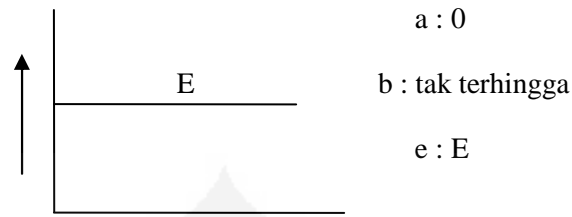
*Transient overvoltages* yang disebabkan petir dapat digolongkan sebagai suatu gelombang berjalan yang sebagai matematis mempunyai persamaan :

$$e(t) = E ( e^{at} - e^{bt} ) \dots\dots\dots (2.1)$$

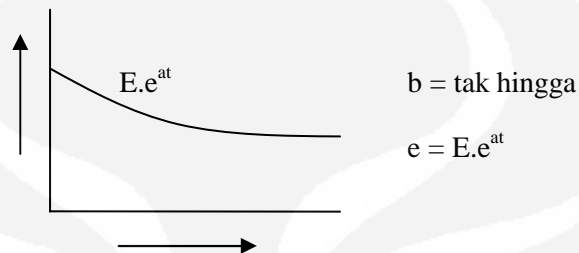
dimana : E, a, dan b adalah konstanta

Dengan mengganti nilai a dan b dapat diperoleh berbagai bentuk gelombang yang dapat dipakai sebagai pendekatan dari gelombang berjalan, antara lain :

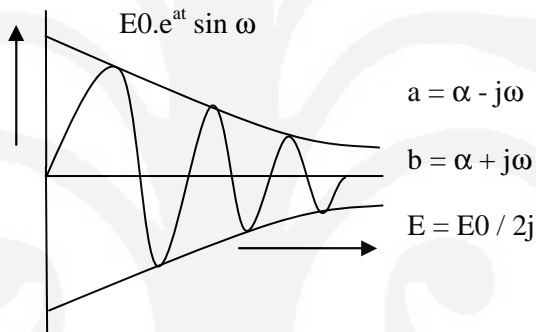
- a. Gelombang persegi yang sangat panjang



b. Gelombang eksponensial



c. Gelombang sinusoida terpotong



### 2.3.3 Kecepatan Pembangkitan

Karakteristik petir lainnya adalah waktu untuk mencapai harga puncak dan kecepatan pembangkitannya. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hubungan amplitudo arus, Waktu pencapaian harga puncak dan kemungkinan terjadinya.

Tabel 2.2 Amplitudo Arus Petir dan Kemungkinan Terjadinya

Arus petir (kA)	% terjadinya
20	45,25
40	30,48
60	15,51
80	5,35
>100	2,14

Sumber : *Transmission Line Reference Book 345 kVanAbove*. Hal.377

Tabel 2.3 Waktu Pencapaian Harga Puncak dan Kemungkinan Terjadinya

Muka Gelombang (jas)	% terjadinya
0,5	34,27
1,0	26,22
1,5	18,18
2,0	12,59
>2,5	8,74

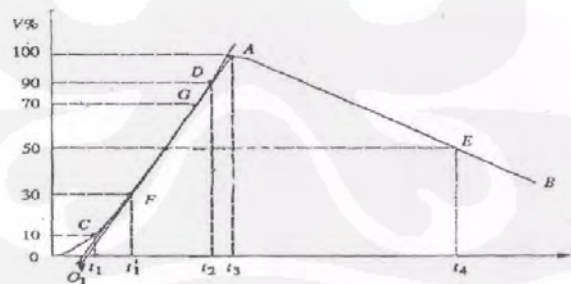
Sumber : *Transmission Line Reference Book 345 kVanAbove*. Hal.378

### 2.3.4 Bentuk Gelombang

Adapun bentuk gelombang berjalan yang memenuhi dan merupakan bentuk gelombang petir yang biasa disebut gelombang petir tipikal seperti terlihat pada gambar dibawah ini.

Spesifikasi dari gelombang di atas adalah :

- Puncak gelombang (A), E (kV), yaitu ampiltudo maksimum dari gelombang.
- Muka gelombang ti, yaitu waktu permulaan sampai puncak, biasanya diambil 10%E sampai 90%E



Gambar 2.10 Gelombang Petir Tipikal

- Ekor gelombang, yaitu bagian di belakang puncak. Panjang gelombangnya adalah  $t_2$ , yaitu waktu dari permulaan sampai titik 50%E pada ekor gelombang.
- Polaritas, yaitu polaritas dari gelombang tersebut, apakah positif atau negatif.

## 2.4 Efek Sambaran Petir

Bagian utama kilat petir yang menimbulkan kerusakan adalah sambaran balik. Ini adalah bagian kilat, yang berupa muatan petir yang diluahkan ke bumi atau ke tanah. Besar arus yang mengalir pada sambaran ini adalah berkisar antara 2.000 A sampai 200 kA.

### 2.4.1 Terhadap Manusia

Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia, maka organ-organ tubuh yang dilalui oleh aliran 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-jaringan / otot-otot bahkan bila energinya besar dapat menghanguskan tubuh manusia.

Perlu diketahui, yang menyebabkan kematian sambaran tidak langsung, karena di sekitar titik / tempat yang terkena sambaran akan terdapat muatan listrik dengan kerapatan muatan yang besar dimana muatan itu akan menyebar di dalam tanah dengan arah radial.



Gambar 2.11 Efek Sambaran Petir Terhadap Manusia

1. Tegangan sentuh
2. Sambaran tidak langsung
3. Sambarang langsung
4. Side Flash
5. Tegangan langkah

### 2.4.2 Terhadap Bangunan

Kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan thermis, seperti terbakar pada bagian yang tersambar, bisa juga berupa mekanis, seperti atap runtuh, bangunan

retak dan lain-lain. Bahan bangunan yang paling parah bila terkena sambaran petir adalah yang bersifat kering.

#### **2.4.3 Terhadap Jaringan dan Instalasi Listrik**

Gangguan jenis ini dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu sambaran petir mengenai kawat tanah dan sambaran petir mengenai kawat fasa. Sambaran petir langsung mengenai kawat tanah dapat mengakibatkan terputusnya kawat tanah, naiknya potensial kawat tanah yang diikuti oleh *backflashover* ke kawat fasa dan naiknya potensial pentanahan menara transmisi yang menyebabkan bahaya tegangan langkah.



Gambar 2.12 Sambaran petir mengenai tangki bahan bakar

#### **2.4.4 Terhadap Peralatan Elektronik dan Listrik**

Sambaran petir pada suatu struktur bangunan maupun saluran transmisi mengakibatkan kerusakan peralatan elektronik, control, computer, telekomunikasi dan lainnya yang disebabkan oleh sambaran petir langsung dan sambaran petir tidak langsung.

#### **2.4.5 Kerusakan Akibat Sambaran Langsung**

Kerusakan terjadi karena sambaran petir mengenai suatu struktur bangunan dan isinya sehingga mengakibatkan kebakaran gedung, keretakan dinding, kerusakan peralatan elektronik, control, jaringan data dan sebagainya.

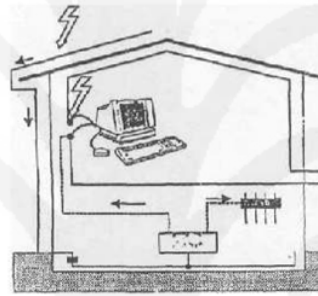
#### **2.4.6 Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung**

Kerusakan jenis ini terjadi karena petir menyambar suatu titik lokasi misalnya suatu menara transmisi atau telekomunikasi kemudian terjadi hantaran secara induksi melalui kabel aliran listrik, kabel telekomunikasi atau peralatan yang

bersifat konduktif sampai jarak tertentu yang tanpa disadari telah merusak peralatan elektronik yang jaraknya jauh dari lokasi sambaran semula. Mekanisme induksi karena secara tidak langsung sambaran petir menyebabkan kenaikan potensial pada peralatan elektronika dijelaskan sebagai berikut :

a. Kopling Resistif

Ketika permukaan bangunan terkena sambaran petir, arus yang mengalir ke dalam tanah membangkitkan tegangan yang bias mencapai ribuan volt diantara tegangan suplai 220V, jaringan data dan pentanahan. Hal ini menyebabkan sebagian arus mengalir pada bagian penghantar luar misalnya kabel yang terhubung dengan bangunan dan terus menuju ke pembumian.

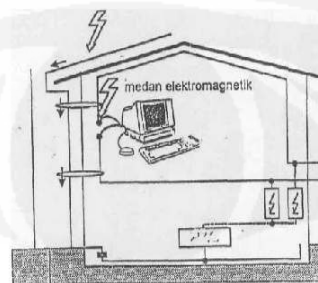


Gambar 2.13 Kopling Resistif

(Sumber : Hasse, Peter. *Overvoltage o/Low Voltage System*. Hal. 36.)

b. Kopling Induktif

Arus petir mengalir dalam suatu penghantar akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet akan berhubungan dengan penghantar lainnya sehingga menyebabkan terjadinya loop tegangan dengan nilai tegangan cukup tinggi.



Gambar 2.14 Kopling Induktif

(Sumber : Hasse, Peter. *Overvoltage o/Low Voltage System*. Hal. 38.)



**2.5 Frekuensi Sambaran Petir**

Jumlah rata – rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (Nd) dapat dihitung dengan perkalian kepadatan kilat ke bumi pertahun (Ng) dan luas daerah perlindungan efektif pada gedung (Ae)

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (2.2)$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah dipengaruhi oleh hari guruh rata – rata per tahun di daerah tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan sebagai berikut :

$$Ng = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1.26} \dots\dots\dots (2.3)$$

Sedangkan besar Ae dapat dihitung sebagai berikut :

$$Ae = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

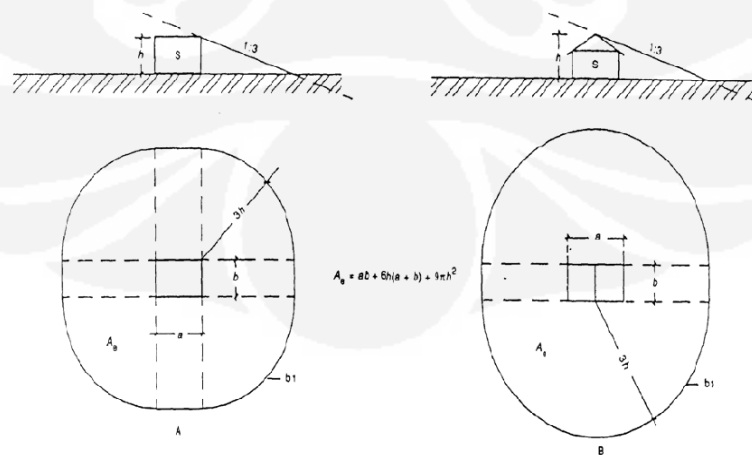
Maka dengan ketiga persamaan diatas, nilai Nd dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$Nd = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1.26} (ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2) \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

- a = Panjang atap gedung (m)
- b = Lebar atap gedung (m)
- h = Tinggi atap gedung (m)
- T<sub>d</sub> = Hari guruh pertahun
- Ng = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/Km<sup>2</sup>/tahun )
- Ae = Luas daerah yang memiliki angka sambaran petir sebesar Nd (Km<sup>2</sup>)

Area cakupan ekivalen dari bangunan gedung adalah area permukaan tanah yang dianggap sebagai bangunan gedung yang mempunyai frekuensi sambaran petir langsung tahunan.



Gambar 2.15 Area cakupan ekivalen bangunan gedung

## 2.6 Taksiran Resiko (*Risk Assessment*)

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

### 2.6.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir ( PUIPP )

Besarnya kebutuhan tersebut ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

$$R = A + B + C + D + E \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

R = Perkiraan Bahaya Petir

A = Penggunaan dan Isi Bangunan

B = Konstruksi Bangunan

C = Tinggi Bangunan

D = Situasi Bangunan

E = Pengaruh Kilat

Tabel 2.4 Indeks A : Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi

Penggunaan dan isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya.	-10
Bangunan dan isinya jarang dipergunakan, misalnya di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal.	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal, misalnya rumah tinggal, industri kecil atau stasiun kereta api.	1
Bangunan atau isinya cukup penting, misalnya menara air, took barang-barang berharga, dan kantor pemerintah.	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, misalnya bioskop, sarana ibadah, sekolah, dan monument sejarah yang penting.	3

Penggunaan dan isi	Indeks A
Instalasi gas, minyak atau bensin, dan rumah sakit.	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya, misalnya instalasi nuklir.	15

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia*. Hal.17

Tabel 2.5 Indeks B : Bahaya Berdasarkan Kontruksi Bangunan

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

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia*. Hal.17

Tabel 2.6 Indeks C : Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

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

Tabel 2.7 Indeks D : Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi bangunan	Indeks D
Di tanah datar pada semua ketinggian	0

Situasi bangunan	Indeks D
Di kaki bukit sampai % tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter.	1
Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 meter.	2

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia*. Hal.17

Tabel 2.8 Indeks E : Bahaya Berdasarkan Pengaruh Kilat/Hari Guruh

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

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia*. Hal.17

Dengan memperhatikan keadaan di tempat yang hendak dicari tingkat resikonya dan kemudian menjumlahkan indeks-indeks tersebut diperoleh suatu perkiraan bahaya yang ditanggung bangunan dan tingkat pengamanan yang harus diterapkan.

Tabel 2.9 Indeks R : Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP

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

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan *Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia*. Hal.17

### 2.6.2 Berdasarkan standar NFPA 780

Cara penentuan yang digunakan pada standar NFPA 780 hampir sama dengan cara yang digunakan pada PUIPP yaitu dengan menjumlahkan sejumlah indeks yang mewakili keadaan lokasi bangunan kemudian hasil penjumlahan dibagi dengan indeks yang mewakili isokeraunic level di daerah tersebut.

Secara matematik dituliskan sebagai :

$$R = \frac{A + B + C + D + E}{F} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

R = Perkiraan Bahaya Petir

A = Jenis Struktur

B = Jenis Konstruksi

C = Lokasi Bangunan

D = Topografi

E = Penggunaan dan Isi Bangunan

F = Isokeraunik Level

Tabel 2.10 Indeks A : Jenis Struktur

Jenis Struktur	Indeks A
Rumah kediaman yang kurang dari 465 m <sup>2</sup>	1
Rumah kediaman yang lebih dari 465 m <sup>2</sup>	2
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi kurang dari 15 meter - Melingkupi area kurang dari 2323 m - Melingkupi area lebih dari 2323 m	3 5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter	4
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi lebih dan 46 meter	8

Jenis Struktur	Indeks A
Kantor pelayanan milik pemerintah misalnya pemadam kebakaran, kantor polisi dan perusahaan airminum	7
Hangar pesawat (terbang)	7
Pembangkit listrik dan central telepon	8
Menara air dan <i>coolingtower</i>	8
Perpustakaan, museum dan bangunan bersejarah	8
Bangunan pertanian	9
Tempal bernaung di daerah rekreasi	9
Bangunan yang berisi banyak orang misalnya sekolah, tempal ibadah, bioskop dan stadion olahraga	9
Struktur yang ramping dan tinggi misalnya cerobong asap, menara pengawas dan mercu suar	10
Rumah sakit, penampungan para lansia dan penyandang cacat	10
Bangunan tempat membuat dan menyimpan bahan berbahaya misalnya zat kimia	10

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.

Tabel 2.11 Indeks B : Jenis Konstruksi

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

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

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.

Tabel 2.12 Indeks C : Lokasi Bangunan

Lokasi Bangunan	Indeks C
Bangunan dalam area bangunan yang lebih tinggi	
- Bangunan kecil. melingkupi area kurang dari 929 m <sup>2</sup>	1
- Bangunan besar. melingkupi area lebih dari 929 m <sup>2</sup>	2
Bangunan dalam area bangunan yang lebih rendah	
- Bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m <sup>2</sup>	4
- Bangunan besar. melingkupi area lebih dari 929 m <sup>2</sup>	5
Struktur diperpanjang sampai 15,2 m di atas permukaan tanah	7
Struktur diperpanjang sampai lebih dari 15,2 m di atas permukaan tanah	10

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.

Tabel 2.13 Indeks D : Topografi

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

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.

Tabel 2.14 Indeks E : Penggunaan dan Isi Bangunan

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

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.

Tabel 2.15 Indeks F : Isokeraunic Level

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

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.



Tabel 2.16 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan NFPA 780

R	Pengamanan
0-2	Tidak perlu
2-3	Dianjurkan
3-4	Dianjurkan
4-7	Sangat dianjurkan
Lebih dari 7	Sangat perlu

Sumber : *National Fire Protection Association 780*. Hal 35.

### 2.6.3 Berdasarkan standar IEC 1024-1-1

Pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir didasarkan pada frekwensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d$ ) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekwensi sambaran petir tahunan setempat ( $N_c$ ) yang diperbolehkan. Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dinyatakan sebagai :

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,26} / \text{km}^2 / \text{tahun} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana  $T_d$  adalah jumlah hari guruh rata-rata per tahun di daerah tempat struktur yang akan diproteksi.

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} / \text{tahun} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana  $A_e$  adalah area cakupan dari struktur ( $\text{m}^2$ ) yaitu daerah permukaan tanah yang dianggap sebagai struktur yang mempunyai frekwensi sambaran langsung tahunan. Daerah yang diproteksi adalah daerah di sekitar struktur sejauh  $3h$  dimana  $h$  adalah tinggi struktur yang diproteksi. Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan  $N_d$  dan  $N_c$  dilakukan sebagai berikut :

- Jika  $N_d \leq N_c$  tidak perlu sistem proteksi petir.
- Jika  $N_d > N_c$  diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

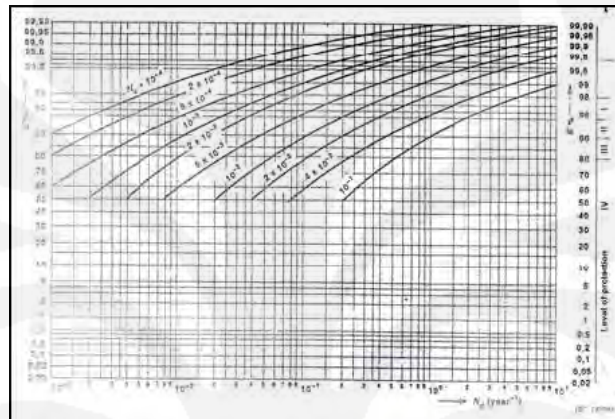
dengan tingkat proteksi sesuai tabel 2.17

Tabel 2.17 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP (E)
I	0,98
II	0,95

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP (E)
III	0,90
IV	0,80

Grafik nilai kritis efisiensi sistem proteksi petir yaitu perbandingan  $N_c$  dengan  $N_d$  ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 2.16 Nilai Kritis Efisiensi Sistem Proteksi Petir

Tabel 2.18 Penempatan Terminasi Udara Berdasarkan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	h (m)	20	30	45	60	Lebar Jala (m)
	R (m)	$a^\circ$	$a^\circ$	$a^\circ$	$a^\circ$	
I	20	25	-	-	-	5
II	30	35	25	-	-	10
III	45	45	35	25	-	15
IV	60	55	45	35	25	20

## 2.7 Proteksi petir

Proteksi petir pertama kali ditemukan oleh ilmuwan Benyamin Franklin sekitar tahun 1752. Sebelumnya petir pada saat itu masih dianggap sebagai kutukan dari para dewa. Benyamin Franklin mempelajari persamaan antara listrik dan petir. Akhirnya dia menemukan bahwa petir adalah pelepasan muatan listrik. Kemudian dia mulai memikirkan bagaimana cara memberikan perlindungan terhadap bahaya sambaran petir bagi orang dan bangunan. Ben melakukan

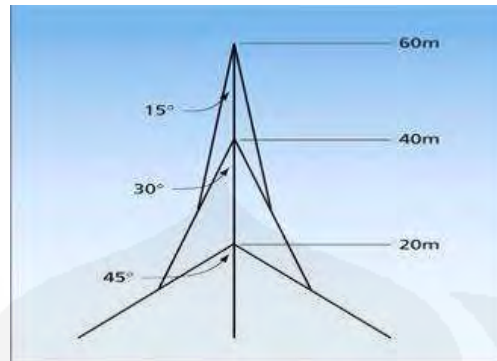
experimen dimana metal yang diikatkan ke layang-layang untuk menarik petir. Bila petir menyambar metal yang ada dilayang-layang maka arus akan mengalir melalui tali/kawat layang-layang menuju bumi. Atas dasar itu beliau memasang *rod*/tiang penyalur petir/terminasi udara menggunakan besi/tembaga runcing (lebih disukai petir) pada bagian atas gedung kemudian menghubungkannya dengan konduktor tembaga menuju sistem pembumian. Penyalur petir yang dikenal pada saat itu disebut *franklin rod*. Saat ini dikenal dengan sistem penyalur petir konvensional. Seiring dengan perkembangan zaman ditemukan penyalur petir Non konvensional. Di bawah ini merupakan konsep sistem proteksi petir menurut Dr.Reynaldo Zoro.

## **2.8 Jenis-jenis Proteksi Petir**

### **2.8.1 Proteksi Petir Pasif**

#### **2.8.1.1 Franklin Rod**

Pengamanan bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan sistem penangkal petir Franklin merupakan cara yang tertua namun masih sering digunakan karena hasilnya dianggap cukup memuaskan, terutama untuk bangunan-bangunan dengan bentuk tertentu, seperti misalnya : menara, gereja dan bangunan-bangunan lain yang beratap runcing. *Franklin Rod* (Tongkat Franklin), alat ini berupa kerucut tembaga dengan daerah perlindungan berupa kerucut imajiner dengan sudut puncak  $112^\circ$ . Agar daerah perlindungan besar, *Franklin Rod* dipasang pada pipa besi (dengan tinggi 1-3 meter). Makin jauh dari *Franklin Rod* makin lemah perlindungan di dalam daerah perlindungan tersebut. *Franklin Rod* dapat dilihat berupa tiang-tiang di bubungan atap bangunan. System yang digunakan untuk mengetahui area proteksi dari penyalur petir ini adalah dengan menggunakan sistem proteksi kerucut.



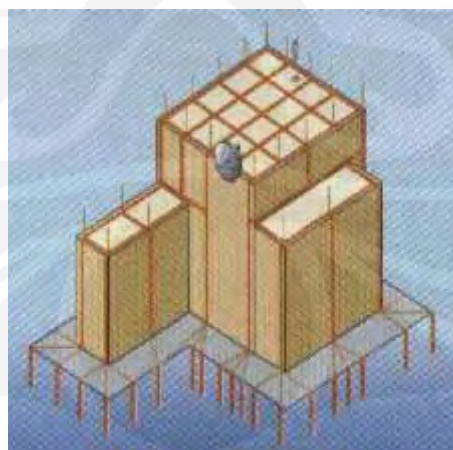
Gambar 2.17 Sistem Proteksi Kerucut

### 2.8.1.2 Sangkar Faraday

Untuk mengatasi kelemahan *Franklin Rod* karena adanya daerah yang tidak terlindungi dan daerah perlindungan melemah bila jarak makin jauh dari Franklin Rod-nya maka dibuat Sistem Sangkar Faraday. Sangkar Faraday mempunyai sistem dan sifat seperti *Franklin Rod*, tapi pemasangannya diseluruh permukaan atap bangunan dengan tinggi tiang yang lebih rendah.

### 2.8.1.3 Non – Konvensional (*Early Streamer Emission*)

Metoda ini pertama kali dipatenkan oleh Gusta P Carpart tahun 1931. Sebelumnya seorang ilmuwan Hungaria, Szillard tahun 1941 pernah melontarkan gagasan untuk menambahkan bahan radioaktif pada *Franklin rod* guna meningkatkan tarikan pada sambaran petir. Metoda ini terdiri atas *Franklin rod* dengan bahan radioaktif radium atau sumber *thorium* sebagai penghasil ion yang dihubungkan ke pentanahan melalui penghantar khusus.



Gambar 2.18 Metoda Sangkar Faraday

Sistem proteksi petir *Early Streamer Emission* adalah pendekatan relative terbaru dalam penyelesaian masalah kerusakan instalasi petir, yang dilengkapi dengan system FR. ESE adalah terminal udara radioaktif non konvensional, tetapi banyak Negara telah melarang hal ini, bahwasannya sumber radioaktif yang posisinya dekat dengan bagian atas terminal membahayakan kesehatan. Peralatan ESE non radioaktif yang banyak digunakan adalah *Pulsar* (dikembangkan oleh Helita, Perancis), *Dynasphere* (dikembangkan oleh Erico, Australia), *Prevectron* (dikembangkan oleh Indelec, Perancis) dan *EF* (dikembangkan EF International, Swiss). Radius dari proteksi,  $R_p$  dari alat ESE digambarkan pada gambar berikut dari standar perancis NF C 17 – 102. Hal ini tergantung pada alat inisiasi,  $\Delta T$  dari alat ESE. Radius dari proteksi,  $R_p$  di dapat dari :

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

$R_p$  = Radius dari proteksi dalam area horizontal dalam jarak vertical  $h$  dari ujung tipe ESE dari NCLR

$h$  = Tinggi dari ujung atas terminal elemen yang diproteksi, untuk  $h \geq 5$  m

$D$  = 20 m untuk tingkat proteksi I

45 m untuk tingkat proteksi II

60 m untuk tingkat proteksi III

$\Delta L(m)$  = tambahan jarak

Tambahan jarak,  $\Delta L$  didapat dari :

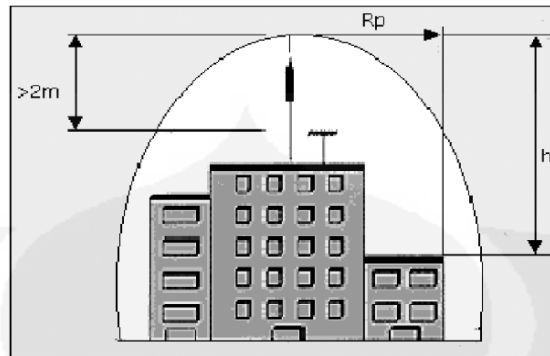
$$\Delta L = V\Delta T \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

$V(m/\mu s)$  = Rata – rata kecepatan dari *tracer* yang turun ( $2 \times 10^4$  m/s)

$\Delta T(\mu s)$  = Tambahan dalam waktu *spark* dari *leader* yang keatas diukur dalam kondisi lab.

$$\Delta T = T_{FR} - T_{ESE} \dots\dots\dots (2.12)$$



Gambar 2.19 Metoda Non Konvensional

Untuk tinggi terminal yang lebih rendah dari 5 m, nilai dari  $R_p$  yang respektif bisa diperoleh dari tabel pembuktian dari standar Perancis NFC. Jadi performa yang unggul dari tipe ini adalah datang dari kemampuan untuk menyebabkan inisiasi yang lebih awal dari *streamer* secara terus menerus ke atas daripada sebuah FR dalam kondisi yang sama dari sambaran petir.

## 2.8.2 Proteksi Petir Aktif

### 2.8.2.1 Ionisasi Corona

Sistem ini bersifat menarik petir untuk menyambar ke ujung penyalur petir dengan cara memancarkan ion-ion ke udara. Kerapatan ion semakin besar bila jarak ke ujung penyalur petir semakin dekat. Pemancaran ion dapat menggunakan generator atau baterai cadangan (*generated ionization*) atau secara alami (*natural ionization*). Area perlindungan sistem ini berupa bola dengan radius mencapai 120 meter dan radius ini akan mengecil dengan sejalan bertambahnya umur. Sistem ini dapat dikenali dan kepalanya yang dikelilingi 3 bilah pembangkit beda tegangan dan dipasang pada tiang tinggi.

### 2.8.2.2 Radioaktif

Meskipun merupakan sistem penarik petir terbaik, namun sudah dilarang penggunaannya karena radiasi yang dipancarkannya dapat mengganggu kesehatan manusia. Selain itu sistem ini akan berkurang radius pengamanannya bersama waktu sesuai dengan sifat radioaktif. Jenis ini pernah dipasarkan sekitar tahun 1975 hingga tahun 1980. Namun karena adanya resiko bahaya radiasi radioaktif terhadap manusia dan keefektifannya sebagai penangkap petir tidak begitu jelas, maka belakangan tidak dipergunakan lagi. Bahkan khusus di Indonesia,

pemasangan baru dengan sistem radioaktif sampai sekarang dilarang oleh Badan tenaga Atom Nasional (BATAN).

## 2.9 Sistem Proteksi Petir Eksternal

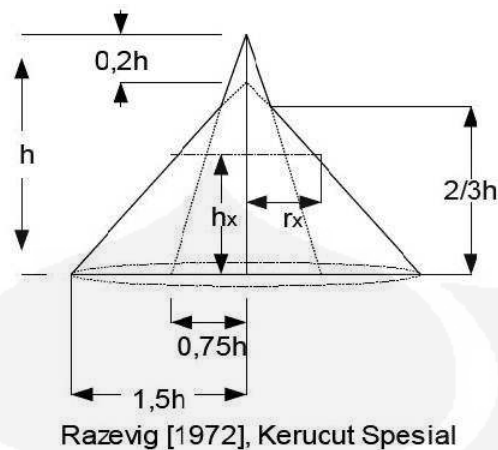
Sistem Proteksi Petir Eksternal menghindari bahaya langsung suatu sambaran petir pada instalasi-instalasi, peralatan-peralatan yang terpasang di luar gedung/bangunan, di menara dan bagian-bagian luar bangunan. Dalam hal ini termasuk juga perlindungan terhadap manusia yang berada di luar gedung. Sistem Proteksi Petir Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

- Terminasi udara (*Air Terminal*)
- Konduktor penyalur arus petir (*Down Conductor*)
- Pembumian (*Grounding*)

### 2.9.1 Terminasi udara (Air Terminal)

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasang secara tegak maupun mendatar. Penangkap petir ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai bagian gedung, bangunan atau daerah yang dilindungi (zona proteksi). Posisi penyalur petir yang vertikal membuat tampak atasnya hanya berupa suatu titik, sehingga bila *step leader* mendekati penyalur petir dari daerah manapun akan mengalami reaksi yang sama (tanpa kondisi khusus). Hal ini menggambarkan secara umum bahwa perilaku penyalur petir dalam melindungi daerahnya cenderung untuk membentuk suatu lingkup volume dengan penyalur petir sebagai sumbu. Bidang dasar zona proteksinya merupakan suatu lingkaran dengan penyalur petir sebagai titik pusat. Oleh sebab itu, untuk menyatakan kemampuan proteksi penyalur petir digunakan sebutan *radius proteksi* atau jari-jari proteksi, yaitu jarak terjauh dari pusat lingkaran yang masih dapat dilindungi penyalur petir. Daerah lindung atau sudut lindung suatu Terminasi udara (*Air Terminal*) penyalur petir ditentukan oleh "jarak sambar" suatu sambaran petir yang panjangnya ditentukan oleh tingginya arus petir. Ada beberapa metode dan teori yang digunakan pada saat ini untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi. Metode - metode tersebut antara lain:

- Metode Zona Proteksi Razevig



Gambar 2.20 Zona Proteksi Penyalur Petir Razevig

Sebagaimana terlihat pada Gambar 2.20 di atas, gambaran Zona Proteksi Razevig (1972) cukup lengkap dan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$r_x = \frac{1.6}{1 + \frac{h_x}{h_t}} (h_t - 1) \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

- $r_x$  : Radius Proteksi
- $h_x$  : Tinggi maximum objek yang diproteksi
- $h_t$  : Tinggi total Penyalur Petir

Dari persamaan di atas, terlihat bahwa menurut Razevig radius proteksi berubah-ubah mengikuti perubahan tinggi benda yang diproteksi.

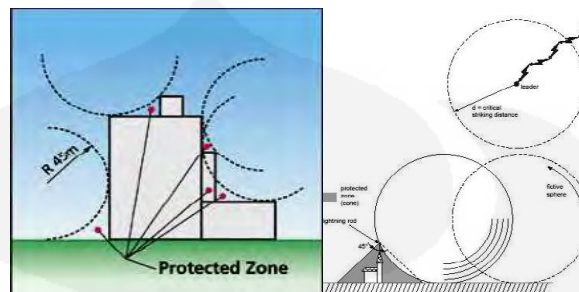
- Metode bola bergulir ( *rolling sphere method* )

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

$$R \text{ (m)} = I^{0.75} \dots\dots\dots (2.14)$$



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



Gambar 2.21 Zona proteksi Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere method*)

Metode bola bergulir mempunyai beberapa parameter, yaitu Jarak Sambar, Distribusi Arus Puncak, Sudut Lindung dan Daerah Lindung.

a) Jarak Sambar

Jarak sambar atau *striking distance* adalah jarak antara ujung lidah petir yg bergerak kebawah (*downward leader*) bertemu dengan petir penghubung yang bergerak keatas (*connecting leader*) pada satu titik, dan titik ini disebut titik sambar. Secara empiris jarak sambar merupakan fungsi dari arus puncak petir, dan sebagian peneliti juga menurunkan bahwa jarak sambar juga adalah fungsi tinggi stuktur.

b) Distribusi Arus Puncak

Arus puncak petir yang digunakan dalam menentukan jarak sambar atau sudut lindung ditentukan dari tingkat proteksi yang diinginkan. Untuk keperluan engineering diperlukan arus puncak dengan statistik 50%. Misalkan arus puncak 40 kA dengan statistic 50% maka sistem proteksi melindungi 50% petir dengan arus  $>40$  kA, sedangkan 50% sisanya ( $<40$  kA) tidak terproteksi. Statistik lain yang biasanya digunakan adalah 85%, 93%, 95% dan 99%.

c) Sudut Lindung

Sudut lindung sebuah air terminal dapat diukur dengan menggambarkan daerah lindung menggunakan metoda bola gelinding dimana sudut lindung adalah sudut diantara garis singgung bola gelinding yang mengenai terminal udara dengan permukaan tanah. Sudut lindung juga dapat didekati dengan persamaan Hasse dan Wiesinger berikut ini :

$$a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right) \dots\dots\dots (2.15)$$

Untuk  $h < r$

Sedangkan sudut lindung dua buah batang tegak yang terpisah jarak S didapatkan dengan :

$$a^\circ = \text{cos}^{-1}\left(1 - \frac{S}{2r}\right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Untuk  $S < 2r$

dimana :

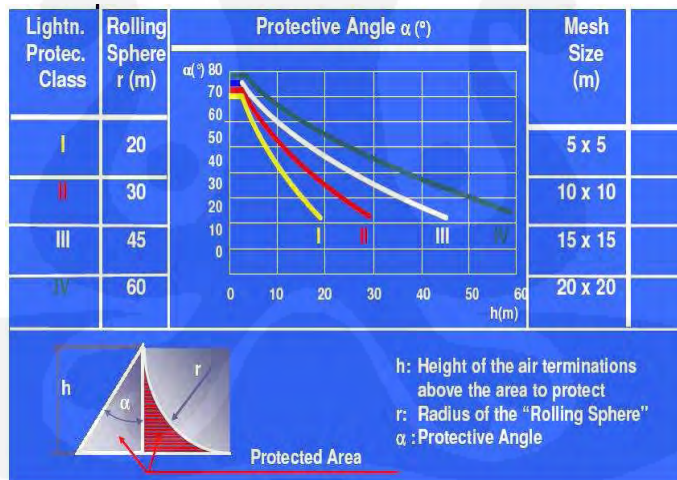
a = sudut lindung ( derajat )

h = tinggi struktur (m)

r = jarak sambar (m)

S = jarak antara dua buah batang tegak (m)

Tabel 2.19 Sudut Lindung menurut IEC-62305



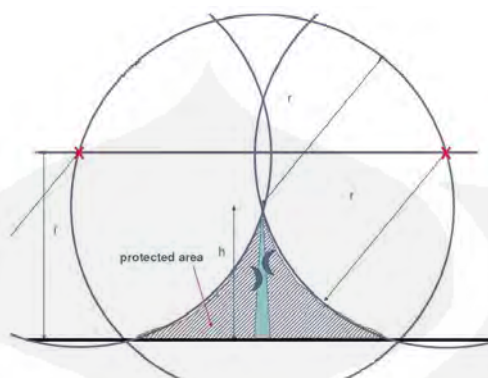
d) Daerah Lindung

Daerah Lindung adalah area yang terlindungi oleh penyalur petir dari sambaran.

**2.9.1.1 E.F Lightning Protection System**

*E.F Lightning Protection System* merupakan salah satu metode terminasi udara penyalur petir *non-conventional* (modern). System penyalur petir ini terbagi dalam 2 bagian, yaitu *E.F Terminal* yang diletakan di puncak bangunan sebagai

penangkap petir dan *E.F Carrier* (kabel penghantar) sebagai konduktor penyalur arus yang masuk ke tanah.



Gambar 2.22 Daerah Lindung Metode Bola Bergulir dengan  $r > h$

Ada 3 prinsip yang dimiliki penyalur petir ini, yaitu:

1. Penyalur arus yang sangat kedap atau tertutup terhadap objek sekitar dengan menggunakan terminal penerima dan kabel penghantar khusus yang memiliki sifat isolasi tegangan tinggi.
2. Menciptakan electron bebas awal yang sangat besar sebagai streamer emission pada bagian puncak dari system terminal.
3. Penggabungan *E.F Terminal* dan *E.F Carrier* yang memiliki isolasi tegangan tinggi memberikan jaminan keamanan terhadap obyek dan dilindungi.

- **Komponen-komponen pada *E.F Lightning Protection System***

- ***E.F Lightning Terminal dan Fibreglass Mounting***

Beberapa karakteristik dari *E.F Terminal* dan *Fibreglass Mounting*

Menciptakan electron bebas atau emisi lebih awal mendahului objek sekeliling yang dilindungi atau yang menjadi sasaran sambaran, Berisolasi tegangan tinggi, mampu menghasilkan emisi  $6 \times 10^{12}$  electron/second per milliamp *asmorphic current* yang terbangkit dengan sendirinya oleh besarnya medan listrik yang terjadi di awan dan berlanjut dengan perkembangan *corona effect* di atmosfer, Mengantisipasi secara dini sambaran petir dengan aktif-reaktif, Tidak menggunakan radio elemen, batere atau solar cell, kapasitor, diode maupun tahanan listrik, Non radio aktif, Mampu menerima sambaran petir hingga 150 kA, Pemasangan minimum 3 m di atas level tertinggi dari objek yang dilindungi, Memberikan efek radius proteksi cukup luas, tergantung pada ketinggian pemasangan dan intensitas sambaran.

Tabel 2.20 Radius proteksi *E.F Lightning Protection System*

Tinggi (m)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Radius Proteksi (m)	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

Gambar 2.23 *E.F Lightning Terminal dan Fiberglass Mounting*

→ ***E.F Carrier / Kabel Penghantar***

Beberapa karakteristik dari *E.F CARRIER*. Berstruktur coaxial tegangan tinggi, menyalurkan arus listrik ke bumi tanpa menimbulkan efek listrik terhadap objek sekitar, Mencegah adanya induksi, Mencegah adanya lompatan arus listrik / sambaran samping, Mampu menerima tegangan sambaran hingga 250 kV, Memiliki 2 penghantar, iner dan outer.

→ ***E.F Lightning Counter***

*E.F Lightning Counter* adalah peralatan tambahan untuk menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi. Alat ini dipasang pada kabel penghantar. Mulai bekerja pada arus 1500 ampere dalam 1,5  $\mu$ s pulse. Dapat menghitung hingga 999,999 kali (*non resettable*) dan memiliki berat 0.8 Kg.

Gambar 2.24 *E.F Carrier*Gambar 2.25 *E.F Lightning Counter*

### 2.9.1.2 *Skylance Lightning Protection System*

*Skylance Lightning Protection System* merupakan salah satu metode terminasi udara penyalur petir *non-conventional* (modern). System penyalur petir ini terbagi dalam 2 bagian, yaitu *Skylance Terminal* yang diletakan di puncak bangunan sebagai penangkap petir dan *Skylance Carrier* (kabel penghantar) sebagai konduktor penyalur arus yang masuk ke tanah.

Ada 3 prinsip yang dimiliki penyalur petir ini, yaitu:

1. Penyalur arus yang sangat kedap atau tertutup terhadap objek sekitar dengan menggunakan terminal penerima dan kabel penghantar khusus yang memiliki sifat isolasi tegangan tinggi.
2. Menciptakan elektron bebas awal yang sangat besar sebagai streamer emission pada bagian puncak dari system terminal.
3. Penggabungan *Skylance Terminal* dan *Carrier* yang memiliki isolasi tegangan tinggi memberikan jaminan keamanan terhadap obyek dan dilindungi.

- **Komponen-komponen pada *Skylance Lightning Protection System***
- ***Skylance Lightning Terminal dan Fibreglass Mounting***

Beberapa karakteristik dari *Skylance Terminal* dan *Fibreglass Mounting* yaitu : Termasuk tipe proteksi ESE, Memproteksi peralatan jalur data dari sambaran petir, Memiliki sistem pentanahan berfrekuensi tinggi, Memiliki *counter* sambaran, Non radio aktif, Memiliki tiang penangkap celah sambaran petir, Pemasangan minimum 2 m di atas level tertinggi dari objek yang dilindungi, Memberikan efek radius proteksi cukup luas, tergantung pada ketinggian pemasangan dan intensitas sambaran & Mampu menerima sambaran petir hingga 150 kA.

Tabel 2.21 Radius proteksi *Skylance Lightning Protection System*

<b>Tinggi (m)</b>	2	3	4	5	6	10	15	20	45	60
<b>Radius Proteksi (m)</b>	50	72	92	112	112	113	114	116	118	124



Gambar 2.26 *Skylance Lightning Terminal dan Fibreglass Mounting*

→ ***Skylance Lightning Counter***

*Skylance Lightning Counter* adalah peralatan tambahan untuk menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi. Alat ini dipasang pada kabel penghantar. Mulai bekerja pada arus 400 A. Dapat menghitung hingga 999,999 kali (*non resettable*) dan memiliki berat 1.6 Kg.



Gambar 2.27 *Skylance Lightning Counter*

### **2.9.2 Konduktor penyalur arus petir (*Down Conductor*)**

*Down Conductor* berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai Terminasi udara (terminal udara) dan diteruskan ke pembumian/*grounding*. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebaiknya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan kesamping dan gangguan elektro magnetik didalam gedung berkurang.

Jenis-jenis bahan penghantar penyalur :



1. Kawat Tembaga (*BCC=Bare Cooper Cable*)
2. Aluminium (*AAC=All Aluminium Cable*)
3. Campuran Aluminium dan Baja (*ACSR=Aluminium Cable Steel Reinforced*)
4. Kawat baja yang diberi lapisan tembaga (*cooper weld*)
5. Aluminium Puntir Berisolasi (*Twisted wire*)
6. Kawat baja, dipakai pada kawat petir dan pertanahan

Jenis penghantar penyalur yang dipakai adalah *BCC (Bare Cooper Cable)* atau lebih sering dikatakan BC, yaitu tembaga telanjang yang dipasang di luar bangunan. Penghantar ini sebagai penghubung antara sistem terminasi udara dengan konektor ke sistem pembumian. Bahan – bahan yang digunakan untuk penghantar penyalur suatu penyalur petir harus berdasarkan beberapa faktor antara lain Ketahanan terhadap panas, Pengaruh kimia terutama korosi, Konduktivitas Tinggi, Kekuatan Tarik Mekanikal Tinggi, Ringan dan Murah, Tidak mudah patah

Untuk komponen – komponen yang berada di atas tanah diperkenankan dipakai jenis bahan tembaga, aluminium, dan besi yang telah digalvanis. Tetapi jika dipasang dipabrik kimia, cerobong asap atau di daerah pegunungan dimana udara banyak mengandung zat belerang maka yang telah digalvanis yang dipilih, atau dengan pelapisan khusus agar tidak mudah berkarat atau korosi.

### **2.9.3 Pembumian (Grounding)**

Pembumian adalah menanam satu/beberapa elektroda kedalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan. Elektroda pembumian tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi. Sebagai bahan elektroda, digunakan tembaga atau baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain (misalnya pada perusahaan kimia). Dalam penentuan system pembumian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, sebagai berikut :

Tabel 2.22 Dimensi minimum penghantar penyalur untuk bahan SPP

Tingkat Proteksi	Bahan	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )
I sampai IV	Tembaga	16
	Aluminium	25
	Besi	50

### 2.9.3.1 Disipasi Energi Petir

Disipasi energi petir (dissipate the lightning energy) adalah elektroda dari logam yang ditanam di dalam tanah yang berfungsi untuk menyebarkan arus petir ke tanah, dapat berupa elektroda batang, pita atau plat. Sebagai bahan elektroda, digunakan tembaga atau baja digalvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain. Pembumian disini dapat dipakai untuk pembumian netral system, pembumian body (badan) dari suatu benda (logam) yang seharusnya tidak boleh bertegangan dan pembumian penyalur petir, baik untuk menara transmisi atau bangunan- bangunan tinggi.

Tahanan elektroda tanah adalah tahanan antara elektroda tanah atau sering disebut sistem pembumian dengan suatu tanah referensi. Tahanan pembumian adalah tahanan elektroda tanah dan hantaran hubung tanah. Tahanan pembumian total adalah tahanan pembumian dari keseluruhan system pembumian yang terukur disuatu titik.

Ada 2 macam pembumian, yaitu :

a. Pembumian netral sistem

Menghubungkan ke tanah bagian dari sistem yang pada kerja normal dilalui oleh arus listrik. Tujuannya adalah untuk membatasi tegangan lebih peralihan selama terjadi kesalahan atau hubung singkat satu fasake tanah.

b. Pembumian peralatan

Menghubungkan ke tanah bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui oleh arus.



### 2.9.3.2 Pengurangan Loop Pembumian

Pengurangan loop pembumian (eliminate earth loops) memungkinkan untuk mencegah terjadi adanya loncatan yang ditimbulkan adanya perbedaan potensial tegangan antara satu system pembumian dengan yang lainnya, dimana antar terminasi bumi dihubungkan satu sama lain.



Gambar 2.28 *Eliminate Earth Loops*

### 2.9.3.3 Karakteristik Tanah

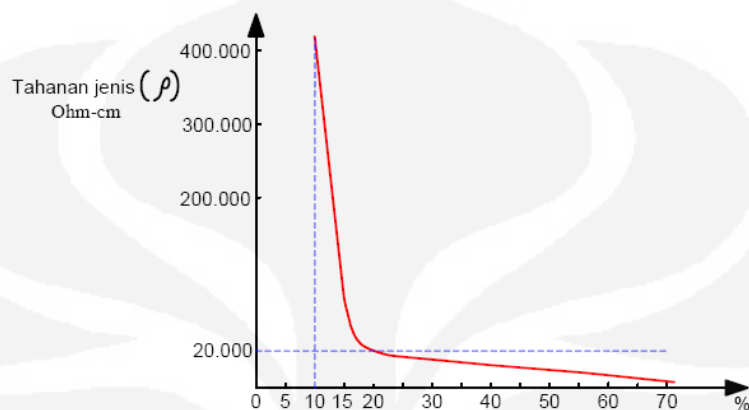
Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan dan system pembumian yang akan digunakan. Pada suatu lokasi tertentu sering dijumpai beberapa jenis tanah yang mempunyai tahanan jenis yang berbeda-beda.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain : pengaruh temperatur, pengaruh gradien tegangan, pengaruh besarnya arus, pengaruh kandungan air dan pengaruh kandungan bahan kimia. Pada sistem pembumian yang tidak mungkin atau tidak perlu untuk ditanam lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang konstan, variasi tahanan jenis tanah sangat besar. Kadangkala pada penanaman elektroda memungkinkan kelembaban dan tempertur bervariasi, untuk hal seperti ini harga tahanan jenis tanah harus diambil dari keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin.

### 2.9.3.4 Komposisi Tanah

Besar tahanan pembumian sangat dipengaruhi oleh komposisi tanah, kelembaban dan temperatur. Oleh karena itu tahanan pembumian tidaklah konstan karena terjadi perubahan musim. Kelembaban tanah atau besar kecilnya konsentrasi air dalam tanah juga mempengaruhi harga tahanan tanah. Makin lembab atau makin banyak mengandung air makin kecil harga tahanan tanahnya. Hal ini dapat dengan mudah diterangkan dari proses elektrolisanya. Juga telah kita

ketahui bahwa air bersifat konduktif. Tanah yang kering atau tanah dengan konsentrasi air dibawah 10% mempunyai tahanan jenis tanah yang besar sekali, akan tetapi untuk konsentrasi 15% harga tersebut turun dengan drastis. Untuk itu dapat dilihat gambar dibawah ini.



Gambar 2.29 Hubungan antara konsentrasi air dengan tahanan jenis tanah

Atas dasar prinsip diatas, maka harus kita usahakan suatu elektoda pembedaan ditanam sampai mencapai air tanah.

Tabel 2.23 Tahanan Pembedaan

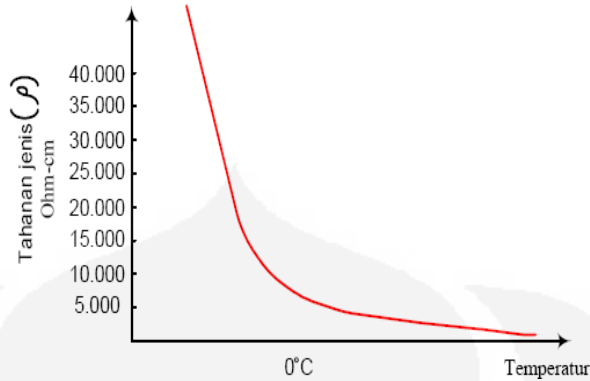
No.	Sifat Tanah	Tahanan Spesifik tanah ( $\Omega$ m)	Tahanan Pembedaan $\Omega$					
			Elektroda Batang		Elektroda Plat		Elektroda Pita	
			3 m	6 m	5 m	10 m	20 m	20 m
1.	Tanah berair, tanah humus dalam kondisi lembab	30	10	5	12	6	3	1
2.	Tanah liat, tanah pertanian	100	33	17	40	20	10	4
3.	Tanah liat berpasir	150	50	25	60	30	15	5
4.	Tanah berpasir lembap	200	66	33	80	40	20	7
5.	Tanah berpasir kering	1000	330	165	400	200	100	32

No.	Sifat Tanah	Tahanan Spesifik tanah ( $\Omega$ m)	Tahanan Pembumian $\Omega$					
			Elektroda Batang		Elektroda Plat		Elektroda Pita	
			3 m	6 m	5 m	10 m	20 m	20 m
6.	Koral pada kondisi lembap	500	166	83	200	100	50	16
7.	Koral pada kondisi kering	1000	330	165	400	200	100	32
8.	Tanah Berbatu	3000	1000	500	1200	600	300	95
Beton								
1.	Semen murni	50	-	-	20	10	5	1,7
2.	Semen : Pasir = 1 : 3	150	-	-	60	30	15	5
3.	Semen : Pasir = 1 : 5	400	-	-	120	80	40	13
4.	Semen : Pasir = 1 : 7	500	-	-	200	100	50	17

Cara lain untuk memperkecil tahanan pembumian ini dengan menambah suatu larutan kimia/garam yang bersifat elektrolitis secara periodik. Dengan cara penggaraman inipun didapat suatu harga tahanan tanah yang mendekati konstan untuk segala musim. Nilai resistansi jenis tanah sangat berbeda – beda tergantung pada jenis tanah, seperti ditunjukkan pada tabel di atas.

### 2.9.3.5 Pengaruh Temperatur

Pengaruh temperatur untuk Indonesia sebenarnya tidak menjadi masalah, karena selalu berada diatas temperatur  $0^{\circ}\text{C}$  (air beku, tekanan 1 atmosfer). Berbeda untuk daerah yang mengalami temperature dibawah  $0^{\circ}\text{C}$ , tahanan jenis akan naik drastis untuk temperatur dibawah  $0^{\circ}\text{C}$ . Hal ini karena air dalam tanah juga menjadi beku, sehingga proses aliran elektron sangat terhambat.



Gambar 2.30 Hubungan temperatur dengan tahanan jenis tanah

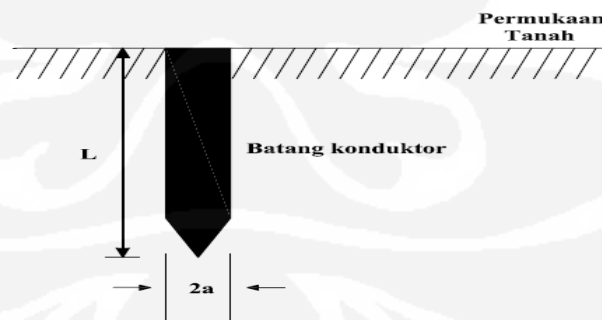
**2.9.4 Elektroda Pembumian**

**2.9.4.1 Jenis Elektroda Pembumian**

- **Elektroda Batang**
- **Pembumian satu batang elektroda**

Sistem pembumian dengan elektroda batang adalah suatu sistem pembumian dengan menggunakan batang-batang elektroda yang ditanam tegak lurus dengan permukaan tanah. Banyaknya batang yang ditanam didalam tanah tergantung besar tahanan pembumian yang diinginkan. Makin kecil tahanan pembumian yang diinginkan, makin banyak batang konduktor yang harus ditanam. Batang-batang konduktor ini dihubungkan satu dengan yang lainnya.

Dengan menggunakan efek bayangan elektroda terhadap permukaan tanah, maka didapat suatu persamaan :



Gambar 2.31 Pembumian dengan satu batang elektroda

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \times \ln \left( \frac{4l^2}{dh} - Q \right) \dots\dots\dots (2.17)$$

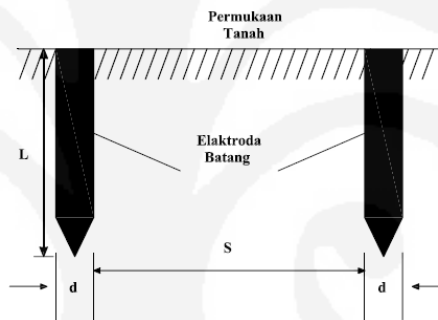
dimana :

- R = tahanan pembumian  $\Omega$
- $\rho$  = tahanan jenis tanah  $\Omega$
- h = kedalaman elektroda (m)
- d = diameter elektroda (m) ( $a = 1/2r^2$ )
- l = panjang elektroda (m)
- Q = konstanta (1,2)

Jika dilihat dari rumus diatas, maka makin panjang konduktor yang ditanam dalam tanah, makin kecil tahanan pembumiannya. Demikian juga makin besar diameter konduktor juga makin kecil tahanan pembumiannya.

→ **Pembumian dua batang elektroda**

Tahanan pembumian dapat diperkecil dengan memperbanyak elektroda yang ditanam dan dihubungkan paralel.



Gambar 2.32 Pembumian dengan dua batang elektroda

Untuk 2 batang konduktor, dapat diturunkan rumusnya sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left\{ \ln \frac{4L}{a} - 1 + \ln \left( 2L + \sqrt{S^2 + 4L^2} \right) + \frac{S}{2L} - \frac{\sqrt{S^2 + 4L^2}}{2L} \right\} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

S = jarak antara 2 konduktor

→ **Pembumian beberapa batang elektroda (Multiple Rod)**

Beberapa batang elektroda (Multiple Rod) yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah yaitu dengan metoda pembumian bersama yaitu :

$$R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Jika di asumsikan tahanan pembumian pada daerah bangunan adalah sama, maka dapat berlaku persamaan berikut ini :

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{n \times \frac{1}{R_1}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana  $n$  : jumlah elektroda batang

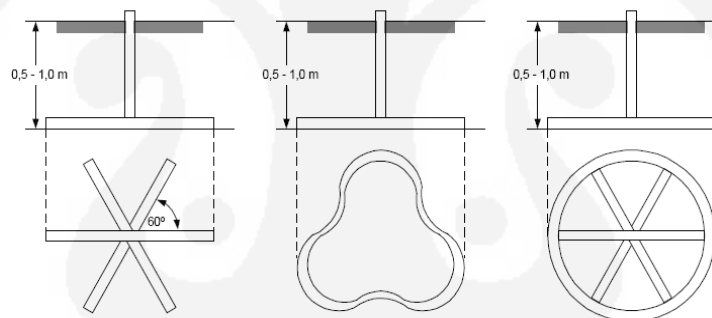
$R_1$  : tahanan pembumian sama untuk  $n$  buah ( $\Omega$ )

- **Elektroda Pelat**

Elektroda pelat dibuat dari pelat logam, pelat logam berlubang atau kawat kasa. Pada umumnya elektroda jenis ini ditanam secara dalam.

- **Elektroda Pita**

Elektroda Pita adalah elektroda yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanamnya secara dangkal. Elektroda ini ditanam sejajar permukaan tanah dengan dalam antara 0,5–1 m.



Gambar 2.33 Cara pemasangan elektroda pita

Tabel 2.24 Besar dan ukuran elektroda pembumian

No.	Bahan elektroda jenis	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda pita	- Pita baja 100 mm <sup>2</sup> setebal minimum 3 mm	50 mm <sup>2</sup>	Pita tembaga 50 mm <sup>2</sup> tebal minimum 2 mm
		- Penghantar pilin 95 mm <sup>2</sup> (bukan kawat halus)		Penghantar pilin 35 mm (bukan kawat halus)

No.	Bahan jenis elektroda	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
2	Elektroda batang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pipa baja 25 mm</li> <li>- Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3</li> <li>- Batang profil lain yang setaraf</li> </ul>	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 $\mu m$	
3	Elektroda Pelat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelat besi tebal 3 mm luas 0,52 sampai 1 m<sup>2</sup></li> </ul>	Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m <sup>2</sup> sampai 1m <sup>2</sup>	Elektroda batang

#### 2.9.4.2 Pemasangan dan susunan elektroda bumi

Untuk memilih macam elektroda bumi yang akan dipakai, harus diperhatikan terlebih dahulu kondisi setempat, sifat tanah, dan resistansi pembumian yang diperkenankan.

Jika keadaan tanah mengizinkan, elektroda pita harus ditanam sedalam 0,5 m sampai 1 m. pengaruh kelembaban lapisan tanah terhadap resistansi pembumian harus diperhatikan. Resistansi pembumian elektroda pita sebagian besar tergantung pada panjang belektroda tersebut dan sedikit tergantung pada luas penampangnya. Elektroda batang dimasukkan tegak lurus kedalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistansi pembumian yang dipelukan. resistansi pembumian sebagian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampangnya.

Tabel 2.25 Jenis Bahan untuk Proteksi dan Ukuran Terkecil

No.	Komponen	Jenis Bahan	Bentuk	Ukuran Terkecil
1	Penangkap Petir			
1.1.	Penangkap Petir Tegak			
1.1.1.	Kepala dengan dudukan	Tembaga	Pejal Runcing	$\phi$ 1 in
		Baja Galvanis	Pejal Runcing	$\phi$ 1 in
		Alumunium	Pejal Runcing	$\phi$ 1 in

No.	Komponen	Jenis Bahan	Bentuk	Ukuran Terkecil
1.1.2.	Batang Tegak	Tembaga	Silinder Pejal	$\phi$ 10 mm
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
		Baja Galvanis	Pipa Silinder Pejal	$\phi$ 1 in
			Pipa Pejal	25 mm x 3 mm
		Baja Galvanis	Silinder Pejal	$\phi$ 1 in
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
		Alumunium	Silinder Pejal	$\phi$ 1 in
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
1.2	Penangkap Petir batang pendek	Tembaga	Silinder Pejal	$\phi$ 1 in
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
		Baja Galvanis	Silinder Pejal	$\phi$ 8 mm
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
		Alumunium	Silinder Pejal	$\phi$ $\frac{1}{2}$ in
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
1.3.	Penangkap Petir Datar	Tembaga	Silinder Pejal	$\phi$ 8 mm
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
			Pilin	50 mm <sup>2</sup>
		Baja Galvanis	Silinder Pejal	$\phi$ $\frac{1}{2}$ in
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
		2	Penghantar penyalur utama	Tembaga
Pita Pejal	25 mm x 3 mm			
Pilin	50 mm <sup>2</sup>			
Baja Galvanis	Silinder Pejal			$\phi$ 8 mm
	Pita Pejal			25 mm x 3 mm
Alumunium	Silinder Pejal			$\phi$ $\frac{1}{2}$ in
	Pita Pejal	25 mm x 4 mm		



No.	Komponen	Jenis Bahan	Bentuk	Ukuran Terkecil
3	Elektroda Pembumian	Tembaga	Silinder Pejal	$\phi$ 1/2 in
			Pita Pejal	25 mm x 3 mm
		Baja Galvanis	Silinder Pejal	$\phi$ 1/2 in
			Pita Pejal	25 mm x 4 mm

#### 2.9.4.3 Pemilihan Bahan

Bahan Sistem Proteksi Petir (SPP) dan kondisi pemakaiannya adalah seperti dalam tabel ukuran konduktor termasuk konduktor terminasi udara, konduktor penyalur dan konduktor terminasi bumi, untuk bahan yang berbeda seperti tembaga, aluminium dan baja adalah seperti dalam tabel

SPP sebaiknya terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi seperti tembaga, aluminium, inox dan baja galvanis. Bahan batang dan kawat terminasi udara seharusnya bersesuaian secara elektrokimia dengan bahan elemen penyambung dan elemen pemegang, dan seharusnya mempunyai sifat tahan terhadap korosi atmosfer atau kelembaban.

Sambungan antara bahan yang berbeda sebaiknya harus dihindarkan, atau harus dilindungi, bagian dari tembaga seharusnya tidak dipasang diatas bagian galvanis kecuali bagian tersebut dilindungi terhadap korosi.

#### 2.10 Sistem Proteksi Petir Internal

Proteksi internal adalah proteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir terutama efek medan magnet dan medan listrik terhadap instalasi listrik atau instalasi yang terdiri dari metal. Langkah proteksi yang dilakukan merupakan integrasi dari sarana penyama potensial, pemasangan *arrester* arus atau *arrester* tegangan serta tindakan perlindungan dengan pencadaran (*screening*). Penyamaan potensial dilakukan dengan menghubungkan konduktor *bonding* yang terbuat dari logam, instalasi dari logam, instalasi listrik dan instalasi telekomunikasi dalam bangunan yang diproteksi. Di dalam proteksi petir dengan penyamaan potensial, *arrester* tegangan dipasang pada titik dimana kabel tenaga masuk ke dalam bangunan. *Surge arrester* atau yang biasa disebut *surge diverter* berfungsi untuk melindungi peralatan system tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan

lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Berdasarkan fungsi tersebut, arrester harus dapat menahan tegangan untuk waktu yang tak terbatas dan harus dapat melewatkan arus surja ke tanah tanpa mengalami kerusakan.

Besaran – besaran kerja *arrester* :

- a. Rating tegangan ( $U_n$ ) adalah tegangan yang ditetapkan untuk pengoperasian *arrester*.
- b. Tegangan maksimum yang boleh melewati *arrester* ( $V_{bn}$ ) adalah tegangan maksimum yang harus bisa ditahan oleh *arrester* secara terus – menerus.
- c. Tegangan percik ( $V_{ag}$ ) adalah tegangan yang apabila nilainya naik melampaui tegangan yang seharusnya dikenakan pada *arrester* akan mengakibatkan peralatan langsung bekerja.
- d. Tegangan impuls percikan ( $V_{as}$ ) adalah harga tertinggi tegangan impuls yang melewati *arrester* selama terjadinya percikan.
- e. Waktu percikan ( $T_{as}$ ) adalah selang waktu dari titik awal terjadinya gelombang tegangan impuls sampai saat terjadinya percikan.
- f. Arus pelepasan ( $I_s$ ) adalah harga puncak arus impuls yang mengalir melalui *arrester*.
- g. Periode operasi ( $T_d$ ) adalah waktu antara mulainya percikan sampai arus berhenti mengalir.

Zone Proteksi Petir atau *Lighting Protection Zone* (LPZ) dimulai dari zone 0 yaitu daerah yang memungkinkan terjadi sambaran petir langsung. Zone proteksi yang berikutnya sesuai dengan penurunan level resiko gangguan akibat petir.

LPZOA : terjadi sambaran petir langsung dan medan elektromagnetik tinggi

LPZOB : tidak ada sambaran langsung & medan elektromagnetik tinggi.

LPZ 1 : tidak ada sambaran langsung medan elektromagnetik lemah.

LPZ 2 : daerah dengan medan elektromagnetik sangat lemah.

LPZ 3 : daerah proteksi dalam peralatan itu sendiri

Usaha lain yang dilakukan pada proteksi internal adalah tindakan pencadangan (*screening*). Perlindungan jenis ini dilakukan dengan meletakkan perlengkapan yang bisa terpengaruh oleh medan elektromagnetik dalam suatu lapisan yang membatasi peralatan tersebut. Misalnya perangkat komputer diberi pelindung berlapis berupa kerangka logam dan pelindung pada kabelnya. Pelindung kabel umumnya berbentuk pipa. Pada peralatan sensitif, usaha untuk mengurangi pengaruh gelombang transient dilakukan dengan memasang instalasi TVSS (*Transient Voltage Surge Supressor*). Protector surja dipasang didekat peralatan yang sensitif untuk melindunginya terhadap residu tegangan surja yang melewati system ketika beroperasi *arrester*.

### 2.10.1 Tahap – Tahap Evaluasi Sistem Proteksi Petir Internal

#### a. Evaluasi *one earthing system*

Evaluasi ini dapat dilakukan dengan pengamatan visual berupa pemeriksaan *pembonding* meliputi pengencangan klem, pembersihan dari kotoran atau debu yang melekat dan pemastian isolasi atau selubung penghantar – penghantar di *bonding bar* masih dalam keadaan baik. Dengan pengadaan *one earthing system* maka tegangan lebih  $V_{ov}$  yang ditimbulkan dari fenomena induksi atau tegangan induksi ( $\epsilon$ ).

#### b. Evaluasi *External Shielding*

*External Shielding* adalah bentuk kontruksi fisik yang bertujuan untuk meredam medan magnet yang ditimbulkan oleh arus petir yang meleawati penghantar penyalur. IEC memberikan suatu perhitungan mengenai *shielding* yang berupa sangkar faraday. Faktor *shielding* (SF) dibedakan berdasarkan material penghantar penyalur “Natural”nya dan estimasi parameter petir yaitu frekuensipetirnya. Frekuensi petir utama sebesar 25 kHz sedangkan petir subsekuen sebesar 1 MHz.

#### c. Evaluasi *suitable routing* (*perutean* penghantar)

*suitable routing* adalah upaya untuk meminimalisasi induksi yang terjadi antar penghantar sistem dengan meminimalkan jarak antar penghantar yaitu faktor  $r^2$ .

d. Evaluasi *cables shielding*

*cables shielding* atau penyelubungan kabel penghantar merupakan rekayasa yang mengambil analisa yang sama dengan unjuk kerja kabel *coaxial*, yaitu menjadikan selubung sebagai bagian yang dapat mengalirkan arus yang berlawanan dengan arah arus pada kabel sehingga medan diluar selubung, sebagai resultan medan magnet antara kedua vektor arus, sama dengan nol.

e. Evaluasi *safety distance* atau jarak aman

Jarak aman adalah aturan yang berkaitan dengan analisa tingkat induksi yang sebenarnya oleh jarak.

## BAB III

### PENGUMPULAN DATA

#### 3.1 Keadaan Lokasi

UPT LAGG BPPT merupakan tempat dilakukannya pegujian model aeronautika maupun non – aeronautika berskala internasional yang cukup luas.

Dengan ukuran daerah dan bangunan :

Luas lahan	:	28.304,17 m <sup>2</sup>
Panjang	:	177,30 m
Lebar	:	159,64 m
Tinggi bangunan maksimum	:	19,5 m

##### 3.1.1 Denah Lokasi



Gambar 3.1 Denah lokasi

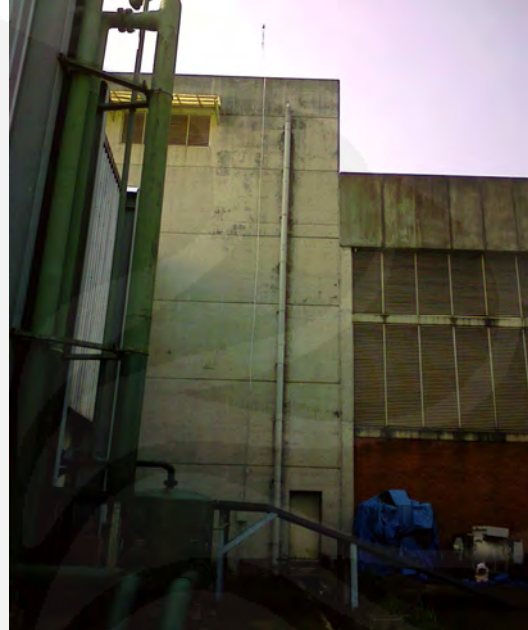
##### 3.1.2 Penyalur Petir Eksternal

Penyalur petir yang digunakan di UPT LAGG BPPT adalah penyalur petir *non-konvensional* berjenis *E.F Lightning Protection System* dan *Skylance*

*Lighting Protection System* lengkap dengan komponen-komponennya yang dipasang diatas gedung *Test Section*. Jumlah penyalur petir yang terpasang adalah sebanyak 2 buah.



Gambar 3.2 Penyalur petir 1 eksternal



Gambar 3.3 Penyalur petir 2 eksternal (*new*)

### 3.2 Instalasi penyalur petir eksternal

Instalasi penyalur petir yang terpasang mempunyai peralatan sebagai berikut:

Penyalur petir : 2 buah

Kabel penghantar : 2 buah

Batang pbumian

- Penyalur petir ke-1 : 1 buah

- Penyalur petir ke-2 (*new*) : 1 buah

Dengan spesifikasi peralatan dan hasil pengujian sebagai berikut:

Merk penyalur petir 1 : *E.F Lightning Protection System*

Kode : CR. 120

Nomor : 11164

Max. Radius Proteksi : 100 m



Tahun pembuatan	: 2002
Merk penyalur petir 2 ( <i>new</i> )	: <i>Skylance Lighting Protection System</i>
Kode	: NF. C 17 - 102
Nomor	: 06 09 00649
Max. Radius Proteksi	: 116 m
Tahun pembuatan	: Since 1985
Merk counter	: Skylance

Dengan hasil pengujian besar tahanan pentanahan untuk setiap penyalur petir :

- penyalur petir 1 : 2,2  $\Omega$
- penyalur petir 2 (*new*) : 4,2  $\Omega$



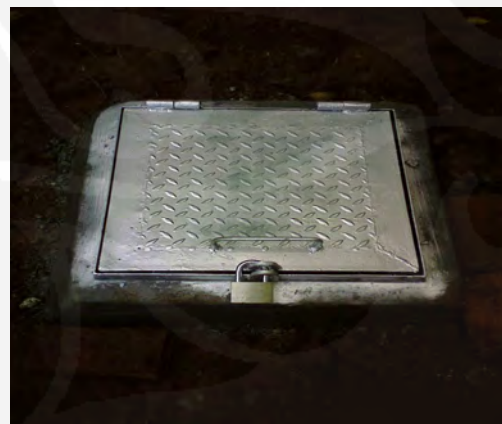
Gambar 3.4 E.F Lightning Terminal 1



Gambar 3.5 Bak kontrol penyalur petir 1



Gambar 3.6 Skylance Lightning Terminal 2 (*new*)

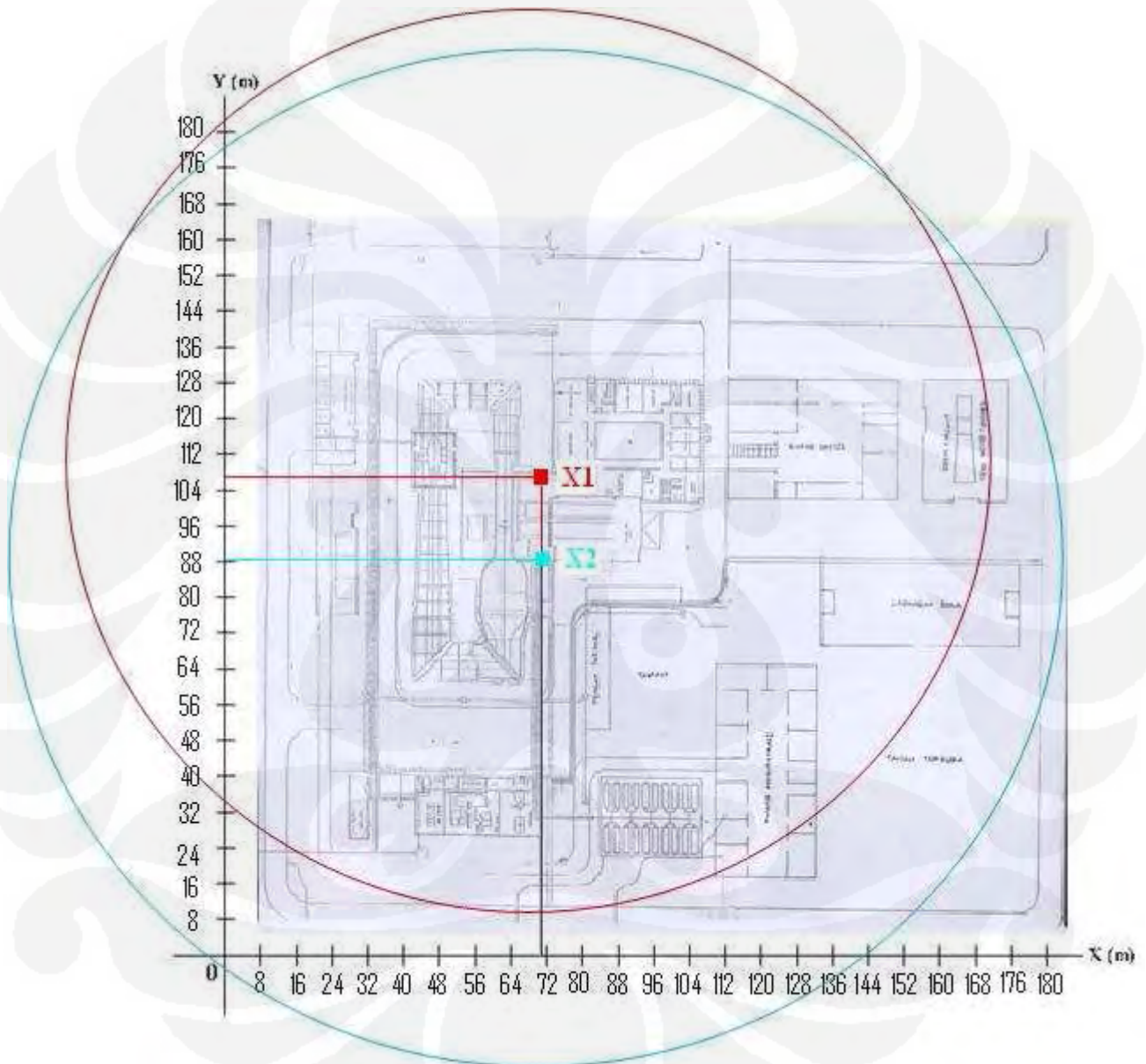


Gambar 3.7 Bak kontrol penyalur petir 2 (*new*)

### 3.3 Lokasi Penempatan Penyalur Petir

Dibawah ini merupakan lokasi penempatan penyalur petir yang telah terpasang di UPT LAGG BPPT menurut tabel 3.1 dan 3.2. Dimana lingkaran merah merupakan simbol penyalur petir yang terpasang.

Dengan membuat titik koordinat secara sembarang, ketiga penyalur petir tersebut terletak pada :



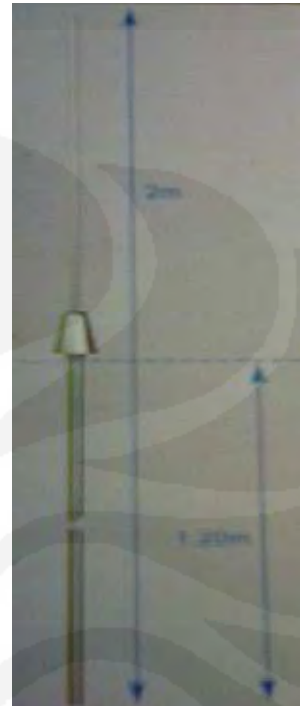
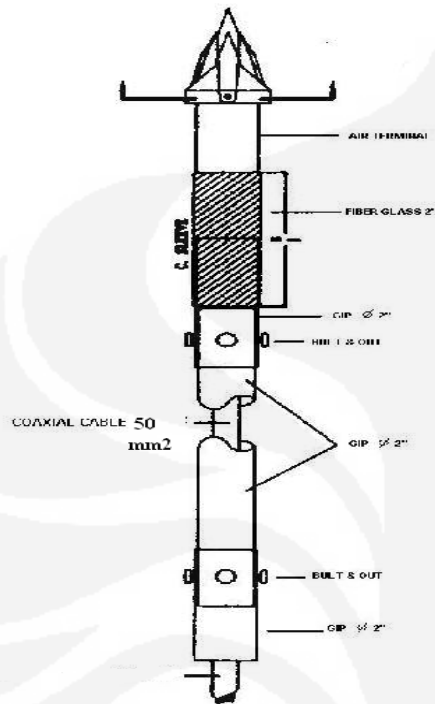
Gambar 3.8 Lokasi penempatan penyalur petir 1 dan 2 (*new*)

- **Penyalur petir 1** :  $x_1 = 71$  ,  $y_1 = 107$
- **Penyalur petir 2** :  $x_2 = 71$ ,  $y_2 = 88$



### 3.4 Detail Peralatan Instalasi Penyalur Petir

#### 3.4.1 *Lightning Terminal*



Gambar 3.9 Detil terminal penyalur petir 1

Gambar 3.10 Detil terminal penyalur petir 2 (new)

❖ Spesifikasi terminal udara (*E.F Lightning Terminal*) yang terpasang :

Bahan : Baja Galvanis  
 Panjang fiberglass mast : 4 meter

❖ Spesifikasi terminal udara (*Skylance Lightning Terminal*) yang terpasang :

Bahan : Stainless steel 304L  
 Panjang fiberglass mast : 1,2 meter

Radius daerah proteksi penangkap petir *E.F. Lightning Protection System* dan *Skylance Lightning Protection System* dinyatakan dalam tabel berikut ini.

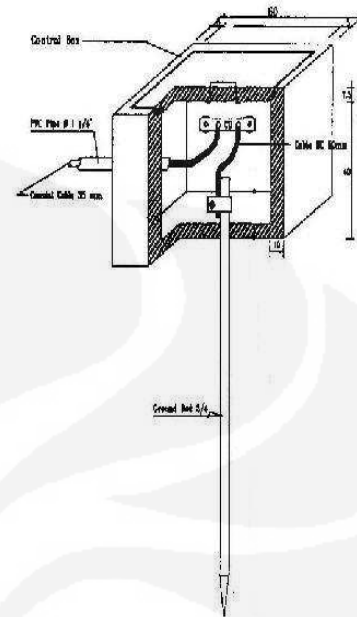
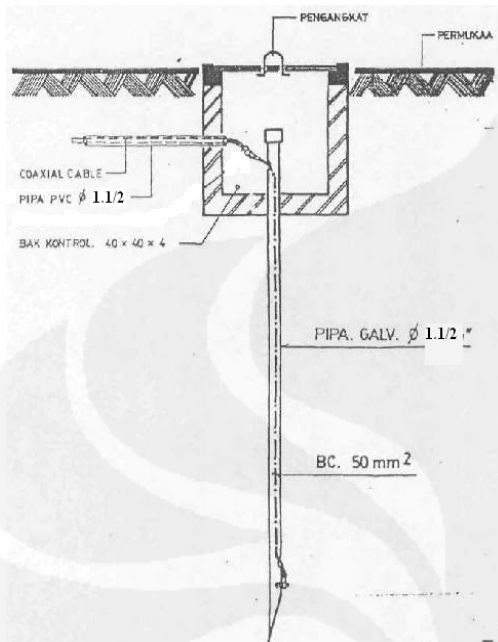
Tabel 3.1 Radius Daerah Proteksi E.F. Ligthning Protection System

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

Tabel 3.2 Radius Daerah Proteksi Skylance Ligthning Protection System (*new*)

Tinggi bangunan ( m )	Radius proteksi ( m )
2	50
3	72
4	92
5	112
6	112
10	113
15	114
<b>20</b>	<b>116</b>
45	118
60	124

### 3.4.2 Elektroda Pembumian



Gambar 3.11 Detil elektrode penyalur petir 1 Gambar 3.12 Detil elektrode penyalur petir 2 (new)

❖ Spesifikasi konduktor penyalur petir 1 ke bawah :

Bahan : Kabel coaxial  
 Selubung konduktor penyalur : Pipa Galvanis

❖ Spesifikasi konduktor penyalur petir 2 (new) ke bawah :

Bahan : Kabel NYA  
 Selubung konduktor penyalur : Pipa PVC

❖ Spesifikasi sistem pembumian penyalur petir 1 :

Bahan konduktor pembumian : Tembaga  
 Diameter konduktor pembumian : 50 mm<sup>2</sup>  
 Panjang konduktor : 24 meter  
 Selubung konduktor pembumian : Pipa Galvanis  
 Jarak pembumian dari bangunan : 2 meter

Ukuran bak control 40 x 40 x 40 cm dilengkapi dengan pengangkat

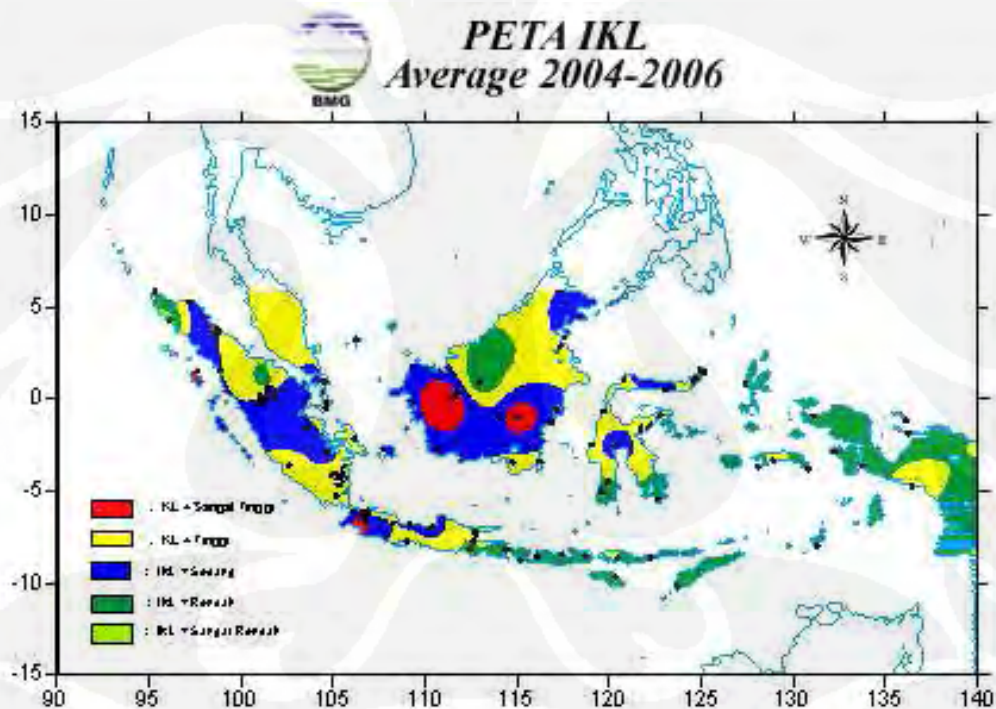
❖ Spesifikasi sistem pembumian penyalur petir 2 (new) :

Bahan konduktor pembumian : Tembaga  
 Diameter konduktor pembumian : 70 mm<sup>2</sup>

Panjang konduktor	:	12 meter
Selubung konduktor pembumian	:	Pipa PVC
Jarak pembumian dari bangunan	:	2 meter
Ukuran bak control 40 x 40 x 40 cm dilengkapi dengan pengangkat		

### 3.5 Hari Guruh

*Isokeraunic level* adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun di suatu tempat. Untuk menganalisa pengamanan terhadap sambaran petir pada sejumlah gedung di UPT LAGG BPPT akan digunakan data hari guruh tahun 2008 di wilayah Tangerang khususnya Tangerang Selatan, yang diamati dari stasiun BMKG Wilayah II Ciputat Tangerang.



Gambar 3.13 Persebaran hari guruh di wilayah indonesia

Tabel 3.3 Jumlah hari guruh daerah Tangerang tahun 2008

Bulan	Jumlah Hari
Januari	18
Februari	12
Maret	20
April	21
Mei	14
Juni	12
Juli	2
Agustus	11
September	9
Oktober	20
November	18
Desember	12
<b>Total Hari Guruh</b>	<b>169</b>

### 3.6 Letak Gedung dengan Instalasi Petir

Tabel 3.4 Letak penangkal petir

No.	Nama Gedung	Volume			Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah (titik)
		Panjang (p)(m)	Lebar (l)(m)	Tinggi (t)(m)		
1	Gedung 244	24	22,8	19,5	547,2	2

### 3.7 Letak Gedung tanpa Instalasi Petir

Tabel 3.5 Letak tanpa penangkal petir

No.	Nama Gedung	Volume			Luas (m <sup>2</sup> )
		Panjang (p) (m)	Lebar (l) (m)	Tinggi (t) (m)	
1	Gedung 240	36	28,2	10	1.015,2
2	Gedung 241	28	14,4	7	403,2
3	Gedung 242	32,4	14,4	7,2	466,56
4	Gedung 245	33	22	10	726
5	Gedung 246	16	21	14,5	336
6	Gedung 249	28,8	10,8	5,2	311,04
7	CWB Building	10	4,5	7	45
8	PWS Building	2	4,5	4	9
9	Pump House	6	4,5	5	27
10	Gedung Genset	32	14	13,6	448
11	Gedung Ferrostal	49	14	5,5	686
12	Gedung LIWET	39,42	15	10	591,3
13	Gedung Blower	14	9,5	13,6	133

### 3.8 Sistem proteksi petir internal yang terpasang

Sistem proteksi petir internal yang dipasang di adalah dengan menggunakan arrester merk OBO V20-C tipe 2. SPP internal ini dipasang pada ruangan yang memiliki peralatan elektronika cukup banyak, diantaranya komputer, peralatan kontrol dan sebagainya.



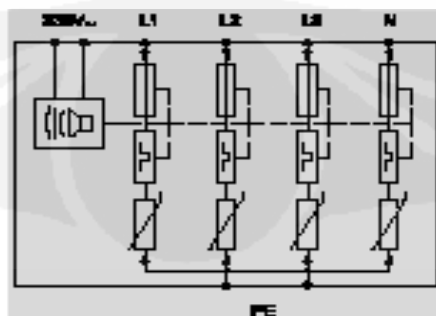
Gambar 3.14 Arrester OBO V25-C

Dari data tersebut Panel LP II dengan lokasi gedung 240 kantor lantai 1 telah terpasang Internal Protection System OBO V20 – C. Spesifikasi dari panel ini adalah :

- Daya : 27, 28 KW
- Jumlah Stop Kontak : 57 buah
- Total Daya Kotak Kontak : 11,4 KW
- Penampang Kabel : NYY 4 x 16 mm<sup>2</sup>

### 3.8.1 Karakteristik OBO Arrester dan Diagram Pengawatannya.

Arrester OBO memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan arrester lainnya, terutama dalam hal nilai Arus Surge Maksimal. Kemampuan arus surge maksimal arrester OBO adalah kemampuan arus surge maksimal tiap blok dikalikan dengan jumlah blok, ini dikarenakan arrester OBO dapat dirangkai sendiri sesuai dengan kebutuhan. ( 1 fasa, 3 fasa atau dengan netral )



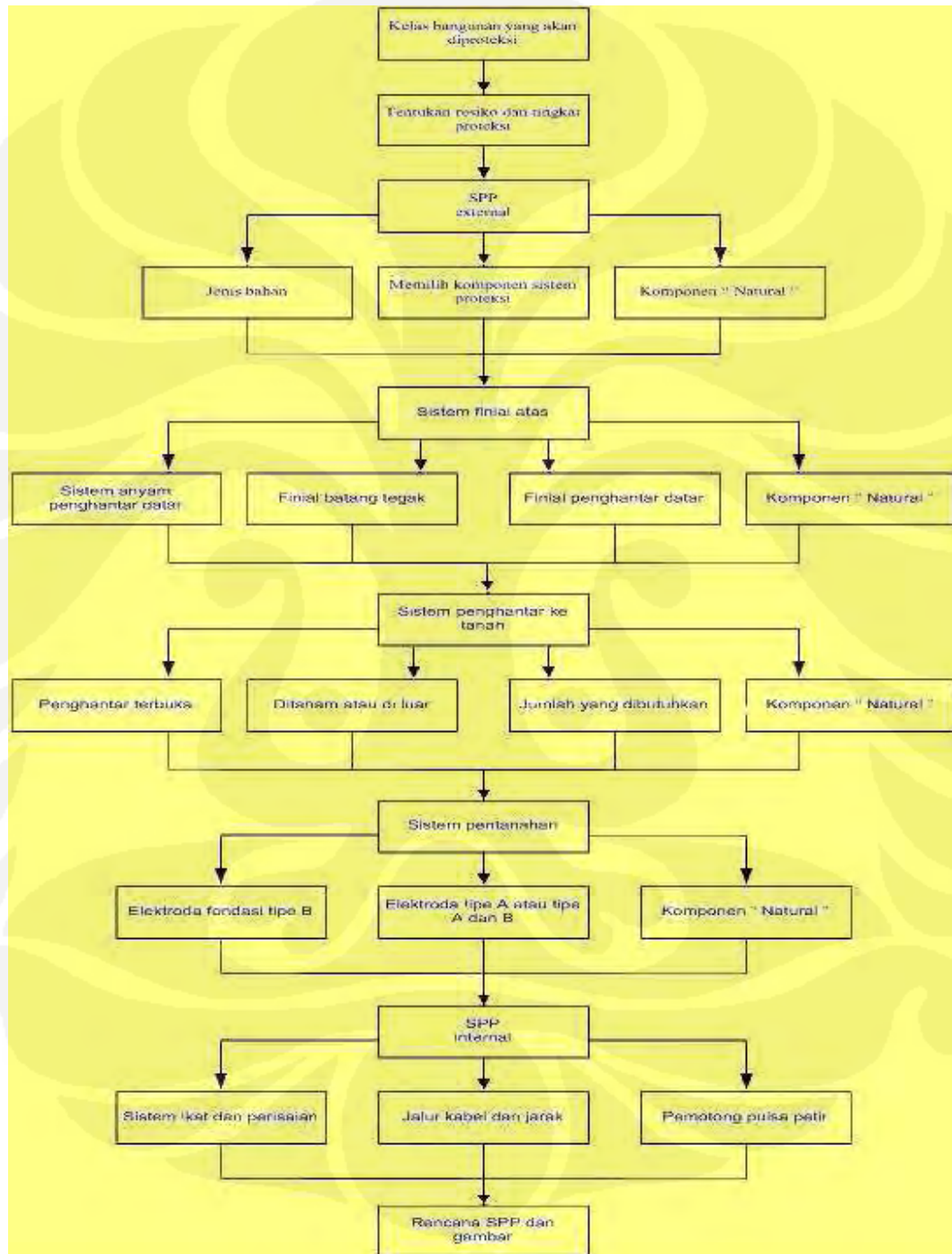
Gambar 3.15 Diagram Pengawatan Arrester OBO V20-C



## BAB IV

### ANALISIS DAN EVALUASI DATA

#### 4.1 Diagram Alir Sistem Proteksi Petir



Gambar 4.1 Diagram Alir Sistem Proteksi Petir

(Dr.Reynaldo Zoro – Pelatihan Sistem Proteksi Petir Dan Sistem Grounding)



## 4.2 Taksiran Resiko

### 4.2.1 Berdasarkan Gedung Tertinggi (*Gedung 244*)

#### 4.2.1.1 Penentuan kebutuhan bangunan atau suatu area akan Proteksi Petir berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir ( PUIPP )

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

Maka untuk bangunan tersebut diperoleh indeks-indeks sebagai berikut :

- 1) Jenis bangunan berdasarkan indeks A ( tabel 4 ) adalah “Bangunan atau isinya cukup penting, misalnya menara air, took barang-barang berharga, dan kantor pemerintah“ dengan nilai 2.
- 2) Jenis bangunan berdasarkan indeks B ( tabel 5 ) adalah ”Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap bukan logam” dengan nilai 2.
- 3) Jenis bangunan berdasarkan indeks C ( tabel 6 ) adalah ”Bangunan dengan tinggi sampai 25 meter” dengan nilai 4.
- 4) Jenis bangunan berdasarkan indeks D ( tabel 7 ) adalah berada di tanah datar pada semua ketinggian dengan nilai 0.
- 5) Berdasarkan banyaknya hari guruh sampai 256, maka nilai untuk indeks E ( tabel 8 ) adalah 8.

Perkiraan bahaya sambaran petir diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks di atas sesuai dengan rumus dan diperoleh :

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

$$R = 2 + 2 + 4 + 0 + 8$$

$$R = 16$$

Maka besarnya kebutuhan akan instalasi proteksi petir sesuai dengan tabel 9 adalah sangat besar, sehingga sangat diperlukan pengamanan.

#### 4.2.1.2 Penentuan kebutuhan bangunan atau suatu area akan sistem proteksi petir berdasarkan National Fire Protection Association ( NFPA ) 780

Penentuan kebutuhan bangunan atau suatu area akan sistem proteksi petir dengan menggunakan standar National Fire Protection Association ( NFPA ) 780

hampir sama dengan berdasarkan standar PUIPP yaitu dengan menjumlahkan nilai dari indeks-indeks yang mewakili keadaan lokasi struktur.

Maka untuk bangunan tersebut diperoleh indeks-indeks sebagai berikut :

- 1) Jenis bangunan berdasarkan indeks A ( tabel 10 ) adalah “Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter“ dengan nilai 4.
- 2) Jenis bangunan berdasarkan indeks B ( tabel 11 ) adalah ”Beton bertulang dengan logam yang tidak saling terhubung” dengan nilai 4.
- 3) Jenis bangunan berdasarkan indeks C ( tabel 12 ) adalah ”Bangunan dalam area bangunan yang lebih rendah, bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m<sup>2</sup>” dengan nilai 5.
- 4) Jenis bangunan berdasarkan indeks D ( tabel 13 ) adalah berada di tanah datar dengan nilai 1.
- 5) Jenis bangunan berdasarkan indeks E ( tabel 14 ) adalah “Peralatan operasi yang sensitive“ dengan nilai 9.
- 6) Berdasarkan banyaknya hari guruh (IKL) lebih dari 70, maka nilai untuk indeks F ( tabel 15 ) adalah 1.

Perkiraan bahaya sambaran petir diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks di atas sesuai dengan rumus dan diperoleh :

$$R = \frac{A + B + C + D + E}{F}$$

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

$$R = 19$$

Maka besarnya kebutuhan akan instalasi proteksi petir sesuai dengan tabel 16 adalah sangat diperlukan sekali pengamanan.

#### **4.2.1.3 Penentuan kebutuhan bangunan atau suatu daerah akan Proteksi Petir berdasarkan Standar IEC 1024-1-1**

Penggunaan standar IEC 1024-1-1 memberikan cara perhitungan dengan menggunakan data hari guruh, data ukuran bangunan/daerah, area proteksi, frekuensi sambaran langsung setempat (Nd), dan frekuensi sambaran tahunan (Nc) yang diperbolehkan pada struktur, dengan terlebih dahulu menghitung kerapatan sambaran ke tanah (Ng).

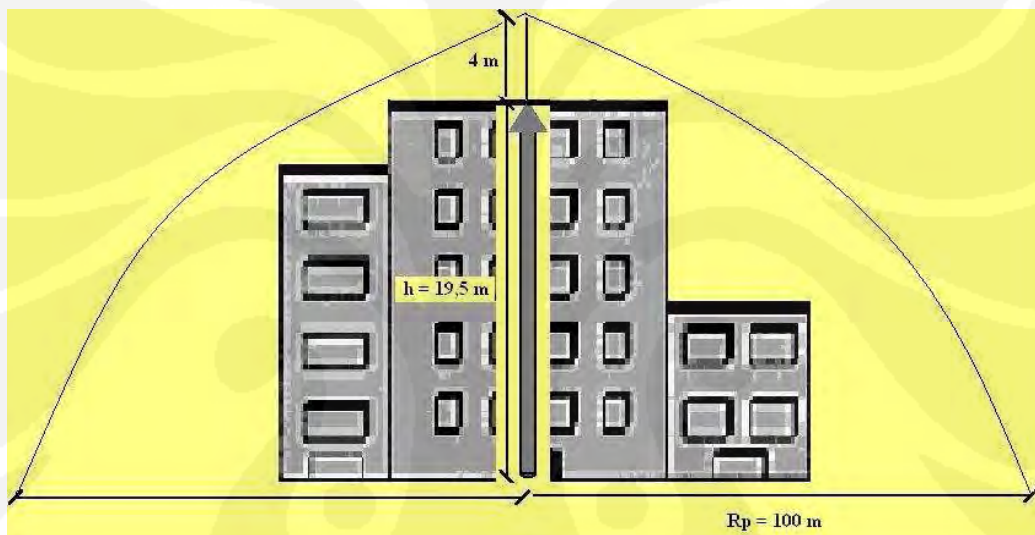
Kerapatan sambaran petir ke tanah ( $N_g$ ) dipengaruhi oleh hari guruh rata – rata per tahun ( $T_d$ ) di daerah tersebut. Dikarenakan berada pada daerah dataran rendah sekitar diambil hari guruh rata-rata per tahun sebesar 169 dan tingkat kerawanan petir tinggi.

Maka kerapatan sambaran petir ke tanah ( $N_g$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

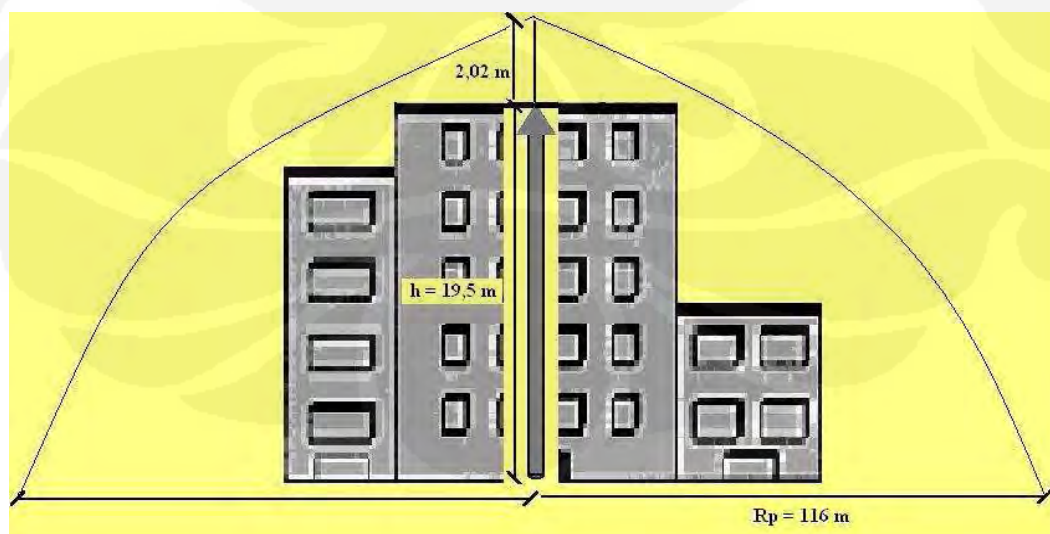
$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T_d^{1.26}$$

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 169^{1.26}$$

$$N_g = \underline{\underline{25,67}} \text{ sambaran per km}^2 \text{ per tahun}$$



Gambar 4.2 Area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 1



Gambar 4.3 Area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 2

$$Ae = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2$$

$$Ae = 28.304,17 + 6(19,5) (177,30 + 159,64) + 9 \cdot 3,14 \cdot 19,5^2$$

$$Ae = \underline{78.472,02 \text{ m}^2}$$

Sedangkan untuk memperhitungkan jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun ( $N_d$ ) dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$N_d = Ng \times Ae \times 10^{-6}$$

$$N_d = 25,67 \times 78.472,02 \times 10^{-6}$$

$$N_d = \underline{2,01} \text{ sambaran petir per tahun}$$

dimana :

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi atap gedung (m)

$T_d$  = Hari guruh rata-rata pertahun

$Ng$  = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ $\text{Km}^2$ /tahun )

$Ae$  = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar  $N_d$  ( $\text{Km}^2$ )

$N_d$  = Frekwensi sambaran petir langsung per tahun

$N_c$  = ketetapan ( $10^{-1}$ )

Frekwensi sambaran petir tahunan setempat (  $N_c$  diketahui bernilai  $10^{-1}$ ) yang diperbolehkan. Penentuan tingkat proteksi pada bangunan berdasarkan perhitungan  $N_d$  dan  $N_c$  dilakukan sebagai berikut :

a. Jika  $N_d \leq N_c$  tidak perlu sistem proteksi petir.

b. Jika  $N_d > N_c$  diperlukan sistem proteksi petir.

Dikarenakan dalam perhitungan didapatkan  $N_d \geq N_c$ , maka nilai efisiensi:

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

$$E \geq 1 - \frac{10^{-1}}{2,01}$$

$$E \geq 1 - 0,05$$

$$E \geq 0,95$$

$$E \geq 95\%$$

dimana :

$E$  = Efisiensi sistem proteksi petir

$N_d$  = Frekwensi sambaran petir langsung per tahun

$N_c$  = Frekwensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan ( $10^{-1}$ )

Dimana hubungan antara nilai  $E$  (efisiensi) dengan tingkat proteksi sesuai tabel 30 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

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

Sumber :SNI 03-7015-2004tentang sistem proteksi petir terhadap bangunan gedung

$E < 0\%$  tidak diperlukan sistem proteksi petir

$0\% < E \leq 80\%$  berada pada tingkat proteksi IV

$80\% < E \leq 90\%$  berada pada tingkat proteksi III

$90\% < E \leq 95\%$  berada pada tingkat proteksi II

$95\% < E \leq 98\%$  berada pada tingkat proteksi I

$E > 98\%$  berada pada tingkat proteksi I dengan penambahan alat proteksi

Dengan demikian nilai  $E$  sebesar 0,95 berada pada tingkat proteksi II dengan nilai efisiensi diantara 90% - 95%. Oleh karena itu tingkat proteksi yang sesuai adalah tingkat II.

#### 4.2.2 Berdasarkan Beberapa Ketinggian Bangunan

Jika dilakukan analisis yang serupa dengan langkah langkah diatas menggunakan data hari guruh sebesar 169,  $N_c$  sebesar  $10^{-1}$  dengan panjang dan lebar bangunan yang berbeda serta ketinggian berbeda – beda, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan untuk variasi ketinggian gedung

No.	Nama Gedung	Parameter Gedung			Luas (m <sup>2</sup> )	Parameter IEC 1024-1-1					Tingkat Proteksi
		p	l	t		3h	Ae	Ng	Nd	E	
		(m)	(m)	(m)		(m)	(m <sup>2</sup> )	(km <sup>2</sup> /thn)	(.../thn)	(%)	
1	Gedung 240	36	28,2	10	1.015,2	30	7.694,63	25,67	0,20	50,00	IV
2	Gedung 241	28	14,4	7	403,2	21	3.569,44	25,67	0,10	0	Tidak Perlu
3	Gedung 242	32,4	14,4	7,2	466,56	21,6	3.954,06	25,67	0,10	0	Tidak Perlu
4	Gedung 244	24	22,8	19,5	547,8	58,5	16.769,27	25,67	0,43	76,74	IV
5	Gedung 245	33	22	10	726	30	6.853,43	25,67	0,18	44,44	IV
6	Gedung 246	16	21	14,5	336	43,5	9.499,68	25,67	0,24	58,33	IV
7	Gedung 249	28,8	10,8	5,2	311,04	15,6	2.311,10	25,67	0,06	-66,67	Tidak Perlu
8	Gedung CWB	10	4,5	7	45	21	2.039,44	25,67	0,05	-100,00	Tidak Perlu
9	Gedung PWS	2	4,5	4	9	12	617,39	25,67	0,02	-400,00	Tidak Perlu
10	Gedung Pompa	6	4,5	5	27	15	1.048,86	25,67	0,03	-233,33	Tidak Perlu
11	Gedung Genset	32	14	13,6	448	21	9.431,22	25,67	0,24	58,33	IV
12	Gedung Ferrostal	49	14	5,50	686	16,5	3.620,30	25,67	0,09	-11,11	Tidak Perlu
13	Gedung LIWET	39,42	15	10	591,3	30	6.683,93	25,67	0,17	41,18	IV
14	Gedung Blower	14	9,5	13,6	133	40,8	7.277,57	25,67	0,19	47,37	IV

### 4.3 Daerah Proteksi

Setelah menentukan tingkat proteksi petir, kemudian akan menghitung dan menganalisa luas daerah proteksi atau zona proteksi untuk penyalur petir yang telah terpasang sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah daerah tersebut telah terproteksi dengan baik atau tidak. Metode yang digunakan untuk menganalisa daerah proteksi di daerah tersebut adalah dengan menggunakan metode zona proteksi Razevig, metode bola bergulir, teori elektrogeometri dan menurut radius proteksi yang terdapat pada katalog penyalur petir *E.F Lightning Protection System* dan *Skylance Lighting Protection Sytem*

Kemudian, perhitungan luas hasil ketiga metode tersebut akan dibandingkan dengan luas sebenarnya. Dari situ akan terlihat daerah mana saja yang terproteksi dan yang tidak berapa buah penyalur petir lagi yang dibutuhkan untuk memberikan proteksi yang lebih aman.

#### 4.3.1 Metode Zona proteksi Razevig

Untuk menghitung luas daerah proteksi dengan Metode zona proteksi R digunakan persamaan :

$$rx = \frac{1,6}{1 + \frac{hx}{ht}}(ht - hx)$$

dimana :

rx : Radius Proteksi

hx : Tinggi maximum objek yang diproteksi

ht : Tinggi total Penyalur Petir

Dengan memasukan nilai-nilai yang dibutuhkan pada persamaan itu, maka didapatkan radius proteksi sebesar :

##### 4.3.1.1 Penyalur 1

- Tinggi bangunan (hx) : 19,5 m

- Tinggi total penyalur petir (ht) : 47,5 m

\*  $L_{\text{finial}} = 4 \text{ m}$

\*  $L_{\text{penyalur}} = 19,5 \text{ m}$

\*  $L_{\text{elektoda}} = 24 \text{ m}$

dimana :

$L_{\text{finial}}$  : panjang konduktor finial (m)

$L_{\text{penyalur}}$  : panjang konduktor penyalur arus sambaran (m)

$L_{\text{elektroda}}$  : panjang konduktor elektroda pentanahan (m)

$$rx = \frac{1,6}{1 + \frac{19,5}{47,5}}(47,5 - 19,5)$$

$$rx = \underline{\underline{31,76 \text{ m}}}$$

maka luas daerah proteksinya adalah :

$$Ax = \pi \times rx^2$$

$$A_x = \pi \times (31,76^2)$$

$$A_x = 3,14 \times 1.008,70$$

$$A_x = \underline{\underline{3.167,32 \text{ m}^2}}$$

#### 4.3.1.2 Perbandingan dengan Luas Daerah Penyalur 1

Luas daerah yang terproteksi adalah sebesar  $3.167,32 \text{ m}^2$  dan luas daerah yang tidak terproteksi adalah  $25.136,85 \text{ m}^2$ . Ini berarti hanya 11,19% daerah yang terproteksi dan 88,81% daerah tidak terproteksi dari luas seluruh luas area oleh penyalur petir yang terpasang menurut metode zona proteksi RAZEVIK.

Dan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, harus dipasang penyalur petir sebanyak :

$$\text{Penyalur petir tambahan} = \left( \frac{\text{luas area}}{\text{luas daerah proteksi}} \right)$$

$$\text{Penyalur petir tambahan} = \left( \frac{28.304,17 \text{ m}^2}{3.167,32 \text{ m}^2} \right)$$

$$\text{Penyalur petir tambahan} = 8,94 \approx 9 \text{ buah.}$$

#### 4.3.1.3 Penyalur 2

- **Tinggi bangunan** : **19,5 m**

- **Tinggi penyalur petir** : **33,5 m**

$$* L_{\text{finial}} = 2,02 \text{ m}$$

$$* L_{\text{penyalur}} = 19,5 \text{ m}$$

$$* L_{\text{elektroda}} = 12 \text{ m}$$

dimana :

$L_{\text{finial}}$  : panjang konduktor finial (m)

$L_{\text{penyalur}}$  : panjang konduktor penyalur arus sambaran (m)

$L_{\text{elektroda}}$  : panjang konduktor elektroda pentanahan (m)

$$r_x = \frac{1,6}{1 + \frac{19,5}{33,5}} (33,5 - 19,5)$$

$$r_x = \underline{\underline{14,16 \text{ m}}}$$

maka luas daerah proteksinya adalah :

$$A_x = \pi \times r_x^2$$



$$A_x = \pi \times (14,16^2)$$

$$A_x = 3,14 \times 200,51$$

$$A_x = \underline{\underline{629,59 \text{ m}^2}}$$

#### 4.3.1.4 Perbandingan dengan Luas Daerah Penyalur 2

Luas daerah yang terproteksi adalah sebesar 629,59 m<sup>2</sup> dan luas daerah yang tidak terproteksi adalah 27.674,58 m<sup>2</sup>. Ini berarti hanya 2,22% daerah yang terproteksi dan 97,78% daerah tidak terproteksi dari luas seluruh luas area oleh penyalur petir yang terpasang menurut metode zona proteksi RAZEVIK.

Dan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, harus dipasang lagi penyalur petir sebanyak :

$$\text{Penyalur petir tambahan} = \left( \frac{\text{luas area}}{\text{luas daerah proteksi}} \right)$$

$$\text{Penyalur petir tambahan} = \left( \frac{28.304,17 \text{ m}^2}{629,59 \text{ m}^2} \right)$$

$$\text{Penyalur petir tambahan} = 44,97 \approx 45 \text{ buah.}$$

#### 4.3.2 Metode Bola Bergulir

Untuk metode ini, radius proteksi dari bola bergulir sudah didapatkan dari tabel 17, yaitu untuk tingkat proteksi level II radius proteksinya adalah sebesar 30 m. dan untuk arus puncaknya ( I ) dapat dicari dengan persamaan :

$$R \text{ (m)} = I^{0,75}$$

maka,

$$R \text{ (m)} = I^{0,75}$$

$$I = \sqrt[0,75]{R}$$

$$I = \sqrt[0,75]{30}$$

$$I = \underline{\underline{93,22 \text{ kA}}}$$

Ini berarti penyalur petir tersebut dapat menangkap petir dengan arus minimal 93,22 kA. Petir dengan arus dibawah nilai tersebut dapat diatasi oleh penyalur petir internal.

Dan luas daerah proteksinya adalah :

$$A_x = \pi \times R^2$$

$$A_x = \pi \times (30^2)$$

$$A_x = 3,14 \times 900$$

$$A_x = \underline{\underline{2.826 \text{ m}^2}}$$

dengan sudut lindung sebesar :

$$a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right) \quad a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{19,5}{30}\right) = 20,49^\circ$$

#### 4.3.2.1 Perbandingan dengan luas daerah

Luas daerah yang terproteksi adalah sebesar 2.826 m<sup>2</sup> dan luas daerah yang tidak terproteksi adalah 25.478,17 m<sup>2</sup>. Ini berarti hanya 9,98% daerah yang terproteksi dan 90,02% daerah tidak terproteksi dari luas seluruh luas area oleh penyalur petir yang terpasang menurut metode Bola Bergulir. Dan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, harus dipasang lagi penyalur petir sebanyak :

$$\text{Penyalur petir tambahan} = \left( \frac{\text{luas area}}{\text{luas daerah proteksi}} \right)$$

$$\text{Penyalur petir tambahan} = \left( \frac{28.304,17 \text{ m}^2}{2.826 \text{ m}^2} \right)$$

$$\text{Penyalur petir tambahan} = 10,02 \approx 10 \text{ buah.}$$

#### 4.3.3 Metoda ESE

##### 4.3.3.1 E.F Lightning Protection System.

Menurut katalog, *E.F Lightning Protection System* memiliki radius proteksi tergantung pada tinggi maksimum penyalur petir tersebut dipasang. Di bawah merupakan tabel radius proteksi dari *E.F lightning Protection System*.

Tabel 4.3 Radius Proteksi *E.F Lightning Protection System*

Tinggi Bangunan(m)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Radius Proteksi (m)	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180

Penyalur petir eksternal yang terpasang memiliki tinggi maksimum sebesar 19,5 m. Ini berarti radius proteksinya adalah sebesar 110 m.

Maka luas daerah proteksinya adalah :

$$A_x = \pi \times r_s^2$$

$$A_x = \pi \times 110^2$$

$$A_x = 3,14 \times 12.100$$

$$A_x = \underline{\underline{37.994 \text{ m}^2}}$$

dengan sudut proteksi sebesar :

$$a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right) \quad a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{19,5}{110}\right) = 55,36^\circ$$

#### 4.3.3.2 Perbandingan dengan luas daerah *E.F lightning Protection System*

Luas daerah yang terproteksi adalah sebesar 37.994 m<sup>2</sup>. Dilihat dari luas daerah proteksi, luas daerah proteksi yang dihasilkan satu penyalur petir terpasang di tempat tersebut sudah dapat melindungi luas tempat tersebut. Namun dalam kenyataannya, ada beberapa luas daerah pada tempat tersebut yang tidak terproteksi. Hal ini disebabkan karena kurang tepatnya penempatan pemasangan penyalur petir yang telah ada dan diindikasikan bahwa penyalur ini sudah mengalami kebocoran sistem dengan bukti ketika terjadi sambaran petir, peralatan instrumentasi, server jaringan mengalami kerusakan.

#### 4.3.3.3 *Skylance Lightning Protection System*.

Menurut katalog, *Skylance Lightning Protection System* memiliki radius proteksi tergantung pada tinggi maksimum penyalur petir tersebut dipasang. Di bawah merupakan tabel radius proteksi dari *Skylance lightning Protection System*.

Tabel 4.4 Radius Proteksi *Skylance Lightning Protection System*

Tinggi Bangunan(m)	2	3	4	5	6	10	15	20	45	60
Radius Proteksi(m)	50	72	92	112	112	113	114	<b>116</b>	118	124

Penyalur petir eksternal yang terpasang memiliki tinggi maksimum sebesar 19,5 m. Ini berarti radius proteksinya adalah sebesar 116 m.

Maka luas daerah proteksinya adalah :

$$A_x = \pi \times r_s^2$$

$$A_x = \pi \times (116^2)$$

$$A_x = 3,14 \times 13.456$$

$$A_x = \underline{42.251,84 \text{ m}^2}$$

dengan sudut proteksi sebesar

$$a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right) \quad a^\circ = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{19,5}{116}\right) = 56,29^\circ$$

#### 4.3.3.4 Perbandingan dengan luas daerah *Skylance lightning Protection*

##### *System*

Luas daerah yang terproteksi adalah sebesar 42.251,84 m<sup>2</sup>. Dilihat dari luas daerah proteksi, luas daerah proteksi yang dihasilkan penyalur petir baru terpasang di tempat tersebut sudah dapat melindungi luas tempat tersebut.

#### 4.4 Penangkap Petir

Penangkap petir tegak (*finial*) yang terpasang adalah dengan menggunakan jenis baja galvanis yang berbentuk pejal runcing. Diameter minimum yang disyaratkan pada tabel 2.26 adalah  $\phi$  1 in, dan yang terpasang pada tempat tersebut berdiameter  $\phi$  1 in pada penangkap petir 1 dengan panjang penangkap 4 m (sudah termasuk *terminal dan mounting*). Sedangkan pada penangkap petir 2 berdiameter  $\phi$  1 in berbentuk pipa selinder pejal terbuat dari bahan baja galvanis dengan panjang penangkap 2,02 m (sudah termasuk *terminal dan mounting*). Dalam hal ini berarti ukuran penangkap petir yang terpasang telah memenuhi ketentuan.

##### 4.4.1 Radius Proteksi Penangkap Petir 1

Tinggi support penangkap petir 1 adalah 4 m, tinggi bangunan tertinggi 19,5 m dan tinggi bangunan terendah di area gedung tersebut adalah 5,5 m. Tingkat proteksi secara keseluruhan II, Menurut NFC 17 – 102 besarnya  $\Delta T$  ketika *front time* 15 $\mu$ s pada ketinggian tersebut memiliki  $\Delta L = 44$ .

$$h = (\text{Bangunan tertinggi} - \text{Bangunan terendah}) + \text{Tinggi Support Finial}$$

$$h = (19,5 - 5,5) + 4$$

$$h = 18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R_p &= \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \\ &= \sqrt{18(2 \times 45 - 18) + 44(2 \times 45 + 44)} \\ &= \sqrt{1.296 + 5.896} \end{aligned}$$

$$= 85 \text{ m}^2$$

Jika merujuk pada tabel 3.1 dinyatakan bahwa apabila tinggi bangunan mencapai 20 m memiliki tingkat proteksi 100 m<sup>2</sup>, namun pada kenyataannya hanya sekitar 85 m<sup>2</sup>. Ini berarti beberapa daerah menjadi tidak terproteksi. Radius proteksi dengan tinggi support 4 m adalah 85% sedangkan yang tidak terlindungi 15%. Jika dihitung secara matematis maka besarnya  $\Delta L$  adalah :

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

$$100 = \sqrt{18(2 \times 45 - 18) + \Delta L(2 \times 45 + \Delta L)}$$

$$100^2 = 1.296 + 90\Delta L + \Delta L^2$$

$$0 = 8.704 - 90\Delta L + \Delta L^2$$

$$\Delta L_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\Delta L_{12} = \frac{-90 \pm \sqrt{90^2 - 4 \times 1 \times -8.704}}{2}$$

Maka  $\Delta L_1 = 59$  sedangkan untuk  $\Delta L_2$  dianggap tidak memenuhi. Dari hasil perhitungan tidak jauh berbeda dengan *franklin - french standard*. *Sample error* perhitungan adalah 15%.

#### 4.4.2 Radius Proteksi Penangkap Petir 2

Tinggi support penangkap petir 2 adalah 2,02 m, tinggi bangunan tertinggi 19,5 m dan tinggi bangunan terendah gedung ILST adalah 5,5 m. Tingkat proteksi secara keseluruhan II. Menurut NFC 17 – 102 besarnya  $\Delta T$  ketika *front time* 15 $\mu$ s pada ketinggian tersebut memiliki  $\Delta L = 44$ .

$$h = (\text{Bangunan tertinggi} - \text{Bangunan terendah}) + \text{Tinggi Support Final}$$

$$h = (19,5 - 5,5) + 2,02$$

$$h = 16,02 \text{ m}$$

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

$$= \sqrt{16,02(2 \times 45 - 16,02) + 44(2 \times 45 + 44)}$$

$$= \sqrt{1.186 + 5.896}$$

$$= 84 \text{ m}^2$$

Jika merujuk pada tabel 3.2 dinyatakan bahwa apabila tinggi bangunan mencapai 20 m memiliki tingkat proteksi  $116 \text{ m}^2$ , namun pada kenyataannya hanya sekitar  $84 \text{ m}^2$ . Ini berarti beberapa daerah menjadi tidak terproteksi. Radius proteksi dengan tinggi support 4 m adalah 84% sedangkan yang tidak terlindungi 32%. Jika dihitung secara matematis maka besarnya  $\Delta L$  adalah :

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

$$116 = \sqrt{16,02(2 \times 45 - 16,02) + \Delta L(2 \times 45 + \Delta L)}$$

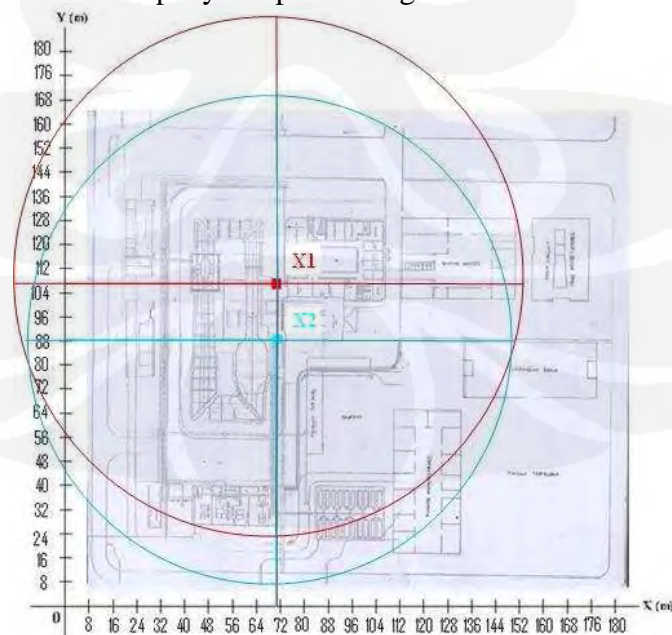
$$116^2 = 1.185 + 90\Delta L + \Delta L^2$$

$$0 = 12.271 - 90\Delta L + \Delta L^2$$

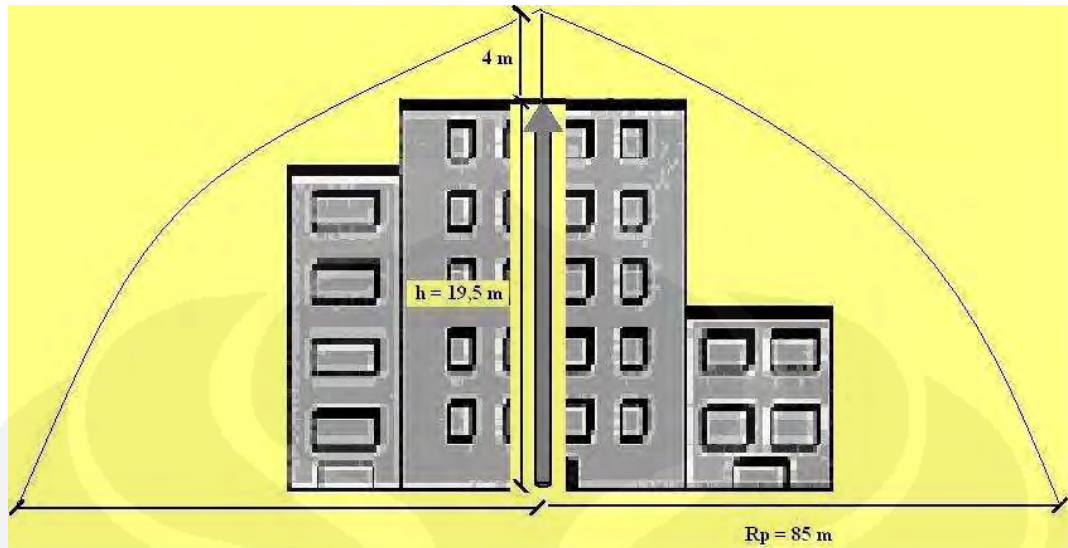
$$\Delta L_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\Delta L_{1,2} = \frac{-90 \pm \sqrt{90^2 - 4 \times 1 \times -12.271}}{2}$$

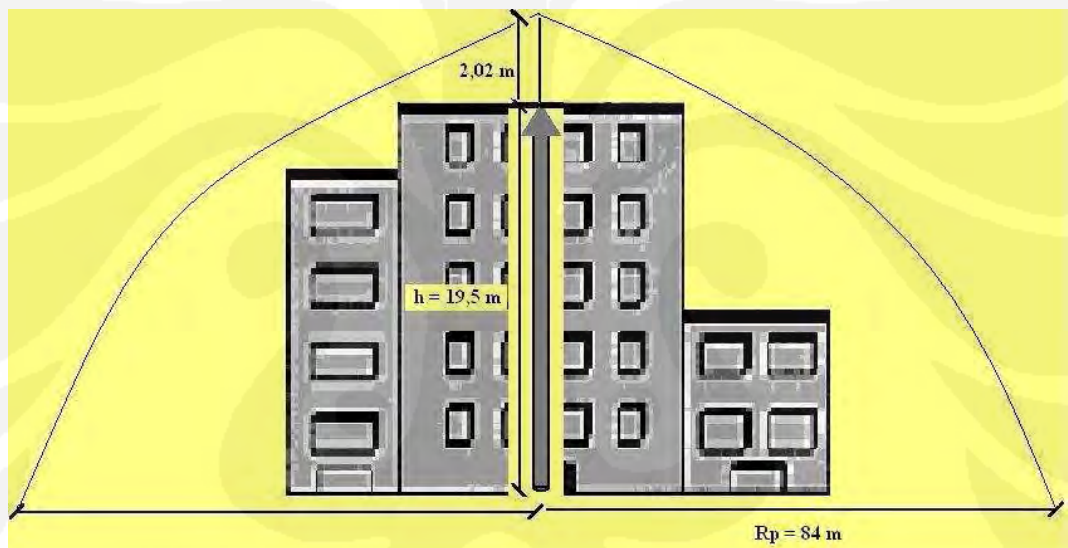
Maka  $\Delta L_1 = 75$  sedangkan untuk  $\Delta L_2$  dianggap tidak memenuhi. Dari hasil perhitungan tidak jauh berbeda dengan *franklin - french standard*. *Sample error* perhitungan adalah 26%. Maka dari hasil analisis tersebut, radius proteksi sebenarnya dari 2 instalasi penyalur petir sebagai berikut :



Gambar 4.4 Area proteksi untuk penyalur petir 1 dan 2



Gambar 4.5 Evaluasi area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 1



Gambar 4.6 Evaluasi area proteksi gedung 244 untuk penyalur petir 2

#### 4.5 Penghantar Penyalur

Penghantar penyalur atau konduktor ke bawah (*down conductor*) yang terpasang adalah dengan menggunakan kabel coaxial. Diameter minimum konduktor ke bawah ke bawah yang disyaratkan menurut tabel 2.25 adalah  $50 \text{ mm}^2$ , dan yang terpasang pada tempat tersebut berdiameter  $50 \text{ mm}^2$  pada penyalur petir 1 dengan konduktor pembumian dipasang sampai kedalaman 24 meter pada bak kontrol dengan ukuran  $40 \times 40 \times 40 \text{ cm}$ . Sedangkan pada penyalur petir 2 berdiameter  $70 \text{ mm}^2$  dengan konduktor pembumian ini dipasang sampai

kedalaman 12 meter pada bak kontrol dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm. Dalam hal ini berarti ukuran konduktor ke bawah yang terpasang telah memenuhi ketentuan.

#### 4.6 Elektroda Pembumian

Elektroda pembumian penyalur petir 1 dan 2 yang digunakan adalah elektroda jenis batang tegak. Bahan dari elektroda pembumian tersebut adalah baja galvanis yang berbentuk selinder pejal. Panjang elektroda batang yang terpasang adalah sebesar 32,50 cm pada penyalur petir 1 dan penyalur petir 2. Kedua elektroda memiliki diameter 10,5 cm.

#### 4.7 Sistem Pembumian

Sistem pembumian terukur sudah sangat baik, karena sistem pembumian tersebut memiliki tahanan 2,2 ohm untuk penyalur petir 1 dan tahanan 4,2 ohm untuk penyalur petir 2. Sedangkan ketentuan umum pada PUIL 2000 Pasal 3.13.2.10 untuk total seluruh sistem tahanan pembumian tidak boleh lebih dari 5 ohm.

##### 4.7.1 Penyalur 1

- Hambatan jenis tanah ( $\rho$ ) : 100  $\Omega$ m
- Diameter penghantar (d) : 10,5 cm = 0,105 m
- Panjang elektroda (l) : 32,50 cm = 0,325 m
- Panjang support : 24 m

maka besarnya hambatan pembumian berdsarkan formula 2.17 adalah

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} x \ln\left(\frac{4l^2}{dh} - Q\right)$$

$$R = \frac{100}{4\pi x(24 + 0,325)} x \ln\left(\frac{4x(24 + 0,325)^2}{0,105x24} - 1\right)$$

$$R = 2,23\Omega$$

Jika ditinjau dari data pengukuran ternyata hasilnya tidak jauh berbeda dengan perhitungan, dimana tahanan pembumian dibawah standar yang telah ditetapkan kurang dari 5 ohm. Tetapi penyalur 1 ini pada kenyataannya tidak mampu menangkal sambaran petir yang terjadi, terbukti jika terjadi petir atau kilat



peralatan instrumentasi, jaringan server mengalami kerusakan. Hal ini terjadi karena sistem penangkal penyalur 1 telah mengalami kebocoran dan diindikasikan *finial* penyalur 1 telah mengalami penyusutan kualitas.

#### 4.7.2 Penyalur 2

- Hambatan jenis tanah ( $\rho$ ) : 100  $\Omega$
- Diameter penghantar (d) : 10,5 cm = 0,105 m
- Panjang elektroda (l) : 32,50 = 0,325
- Panjang support (h) : 12 m

maka besarnya hambatan pembumian adalah

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \times \ln \left( \frac{4l^2}{dh} - Q \right)$$

$$R = \frac{100}{4\pi \times (12 + 0,325)} \times \ln \left( \frac{4 \times (12 + 0,325)^2}{0,105 \times 12} - 1 \right)$$

$$R = 3,99\Omega$$

Jika ditinjau dari data pengukuran ternyata hasilnya tidak jauh berbeda dengan perhitungan, dimana tahanan pembumian dibawah standar yang telah ditetapkan tidak lebih dari 5 ohm. Pengaruh kedalaman elektroda mempengaruhi besarnya tahanan pembumian, ke-presisian alat ukur dan sifat tanah ketika dilangsungkan pengukuran, apakah dalam kondisi basa atau asam.

#### 4.8 Tingkat Kebutuhan Proteksi

Berdasarkan Tabel 4.2 maka dapat ditentukan area atau gedung mana yang memerlukan proteksi terhadap sambaran petir. Area atau gedung yang memerlukan proteksi adalah *Gedung 240* dan *Gedung LIWET*. Kedua gedung ini memiliki fungsi masing – masing yaitu *Gedung 240* sebagai pusat administrasi sedangkan *Gedung LIWET* sebagai tempat dilakukan pengujian bidang non – aeronautika. *Gedung Ferrostal* secara teori tidak memerlukan proteksi tetapi karena pertimbangan fungsi gedung ini sebagai kantor staff karyawan dan aktivitas penelitian maka tetap diperlukan proteksi untuk melindungi fasilitas yang digunakan.

Tabel 4.5 Tingkat proteksi berdasarkan kebutuhan

No.	Nama Gedung	Luas (m <sup>2</sup> )	Tingkat Proteksi	Fungsi
1	Gedung 240	1.015,2	IV	Pusat administrasi, Peralatan Komputer, Faximale, Server.
2	Gedung 244	547,8	IV	Test section, Panel – panel control & listrik
3	Gedung 245	726	IV	Kantor karyawan, Peralatan komputer, Server, Panel – panel listrik
4	Gedung 246	336	IV	Area parkir test section
5	Gedung Genset	448	IV	Tempat workshop, Genset bekas, Panel listrik
6	Gedung LIWET	591,3	IV	Mini test section, Panel – panel control & listrik, Peralatan komputer
7	Gedung Blower	133	IV	Gudang maintenance
8	Gedung Ferostal	686	-	Pusat administrasi II, Peralatan Komputer, Faximale, Server.

Tabel 4.6 Tingkat proteksi berdasarkan PUIPP &amp; NFPA 780

No.	Nama Gedung	PUIPP			NFPA 780	
		R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan	R	Pengamanan
1	Gedung 240	11	Kecil	Tidak perlu	16	Sangat Perlu
2	Gedung 244	15	Sangat Besar	Sangat Perlu	23	Sangat Perlu
3	Gedung 245	11	Kecil	Tidak perlu	16	Sangat Perlu
4	Gedung 246	14	Besar	Sangat Dianjurkan	15	Sangat Perlu

No.	Nama Gedung	PUIPP			NPFA 780	
		R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan	R	Pengamanan
5	Gedung Genset	13	Agak Besar	Dianjurkan	19	Sangat Perlu
6	Gedung LIWET	10	Diabaikan	Tidak perlu	16	Sangat Perlu
7	Gedung Blower	13	Agak Besar	Dianjurkan	19	Sangat Perlu
8	Gedung Ferostal	10	Diabaikan	Tidak perlu	16	Sangat Perlu

#### 4.9 Evaluasi Penyalur Petir

Dari hasil analisis untuk instalasi penyalur petir terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan. Dari beberapa hal tersebut, yang dapat sikapi, yaitu penggunaan proteksi ESE. Karena untuk hal yang ke-1, ke-2 dan ke-3 akan banyak proses dan biaya yang dibutuhkan untuk mendapatkan proteksi yang lebih baik.

Untuk hal yang ke-4, seperti yang telah dibahas dalam bab sebelumnya bahwa instalasi penyalur petir dilihat dari luas daerah proteksinya sudah memberikan proteksi terhadap sambaran petir dengan baik. Namun dengan adanya 2 penyalur ini belum bisa menyelesaikan permasalahan induksi dari sambaran petir tidak langsung. *gedung LIWET*, *gedung 240* dan *gedung ferrostal* memiliki tingkat proteksi IV sehingga diperlukan juga penangkal petir eksternal & internalnya.

##### 4.9.1 Penempatan Ulang

Berdasarkan hasil analisa, jumlah luas zona proteksi dari kedua penyalur petir *E.F Lightning Protection System* dan *Skylance Lightning Protection System* yang telah terpasang sebelumnya yaitu seluas 28.304,17 m<sup>2</sup> sudah dapat melindungi luas daerah tersebut. Ini berarti dengan tidak menambahkan penyalur petir pun daerah tersebut sudah terlindung dari sambaran petir. Kondisi existing saat ini belum mengalami perubahan maka yang paling tepat adalah melakukan penempatan ulang dengan mencabut penangkal petir ke-1.

Namun jika dilihat dari zona proteksi yang diberikan pada setiap penyalur petir, terdapat kesalahan penempatan posisi penyalur petir tersebut. Ini

mengakibatkan terdapat beberapa daerah yang tidak terlindungi. Hal ini terjadi karena zona proteksi yang diberikan pada setiap penyalur petir yang terpasang sebelumnya memberikan perlindungan cukup luas keluar dari daerah. Daerah yang tidak terproteksi oleh posisi penyalur petir yang terpasang sebelumnya diantaranya adalah *gedung LIWET*, *gedung 240* dan *gedung ferrostal*. Oleh karena itu perlu dilakukan penempatan ulang dari posisi penyalur petir tersebut.

Di bawah ini dengan tidak mengganti jenis penyalur petir yang telah terpasang yaitu *E.F Lightning Protection System* dan *Skylance Lightning Protection System* beserta komponen – komponen bantunya, penulis memberikan usulan untuk penempatan ulang penyalur petir. Hal ini dilakukan untuk menutupi kekurangan dan memberikan perlindungan dari beberapa daerah yang tidak terproteksi sebelumnya. Posisi kedua posisi penyalur petir tersebut yang ditempatkan ulang tersebut :

- Penyalur petir 1' :  $x_1' = 64$  ,  $y_1 = 76$
- Penyalur petir 2' :  $x_2' = 124$  ,  $y_2 = 103$

Dari gambar di atas terlihat bahwa penyalur petir eksternal yang terpasang telah memberikan perlindungan untuk daerah yang sangat perlu diproteksi dari sambaran petir.

Dengan berprinsip pada arah mata angin yang ditunjukkan oleh Plant North, setiap penyalur petir berpindah dengan jarak dan arah seperti di bawah ini.

❖ Penyalur petir 1

- Posisi awal :  $x_1 = 71$  ,  $y_1 = 107$
- Posisi usulan :  $x_1' = 64$  ,  $y_1 = 76$

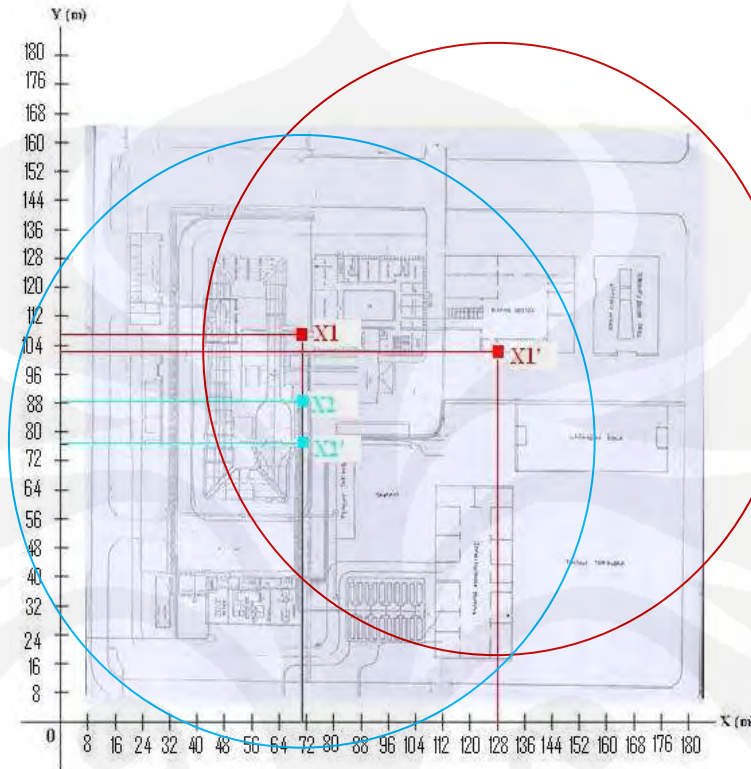
Penyalur petir 1 berpindah sejauh 7 m ke arah Barat dan 31 m ke arah Selatan.

❖ Penyalur petir 2

- Posisi awal :  $x_2 = 71$  ,  $y_2 = 88$
- Posisi usulan :  $x_2' = 124$  ,  $y_1 = 103$

Penyalur petir 2 berpindah sejauh 53 m ke arah Timur dan 15 m ke arah Selatan.

Berdasarkan analisis sebelumnya bahwa penempatan ulang ini tidak merubah radius proteksi dari penyalur petir ke-1 atau ke-2. Radius proteksi kedua penyalur ini tampak seperti gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.7 Penempatan Ulang Penyalur Petir

Estimasi biaya bongkar pasang adalah :

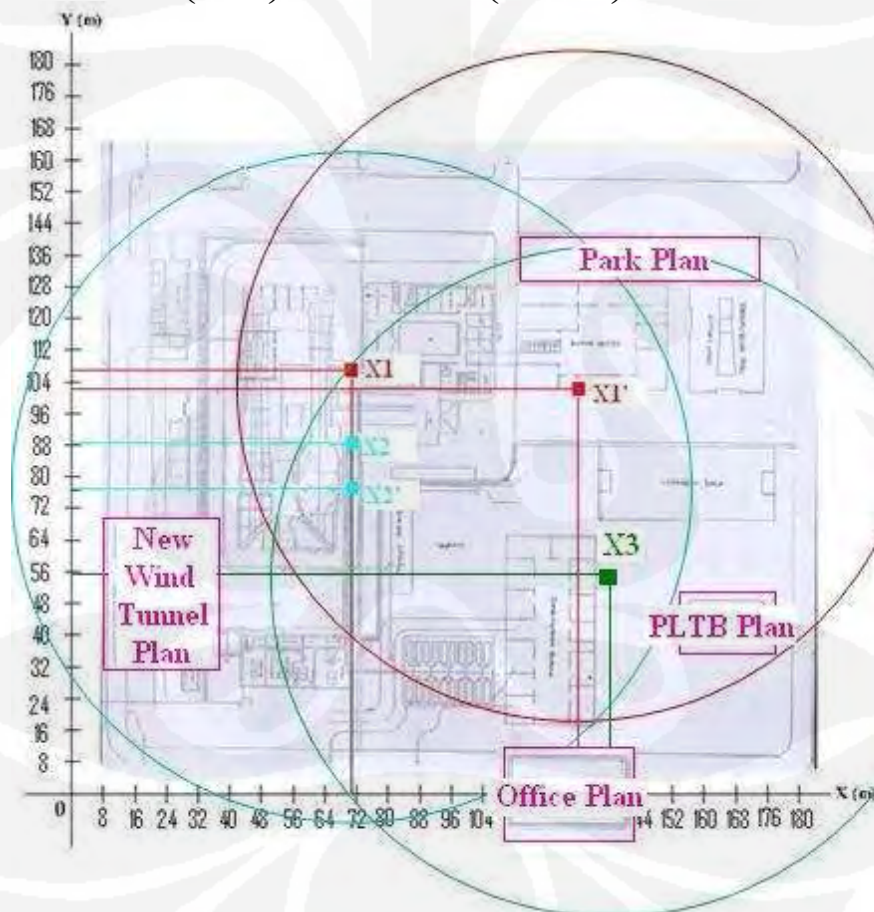
Tabel 4.7 Biaya bongkar pasang penangkal petir

No.	Spesifikasi Produk	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
				(Rp)	(Rp)
1	Pembongkaran	1	lot	750.000	750.000
2	Tiang penyangga 19,5 m	1	unit	22.425.000	22.425.000
3	Arde pentanahan max. 1 $\Omega$	1	set	2.500.000	2.500.000
4	Bak control beton 40x40x40 cm	1	set	2.200.000	2.200.000
5	Material bantu kerja & assesories	1	lot	1.500.000	1.500.000
	Jumlah				29.375.000
	PPn 10%				2.937.500
	<b>Total Biaya</b>				<b>32.312.500</b>

#### 4.9.2 Penambahan

Untuk mendapatkan pengamanan terhadap sambaran petir yang lebih baik, perlu penambahan pemasangan penyalur petir kembali. Hal ini dilakukan untuk memproteksi fasilitas – fasilitas yang akan dibangun antara 5 – 10 tahun mendatang. Dalam hal ini, selain melakukan penempatan ulang juga menambahkan penyalur petir dengan merk yang sama, namun penyalur petir tersebut harus dipasang dengan ketinggian 19,5 meter. Hal ini dilakukan agar radius pengaman yang didapat adalah sejauh 116 meter. Dengan sudut proteksi sebesar :

$$a^{\circ} = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{h}{r}\right) \quad a^{\circ} = \text{Sin}^{-1}\left(1 - \frac{19,5}{116}\right) \quad a^{\circ} = 56,30^{\circ}$$



Gambar 4.8 Penambahan Penyalur Petir

Dari gambar diatas terlihat bahwa dengan penambahan penyalur petir dengan jenis yang sama beserta komponen-komponennya, luas beberapa daerah dapat terlindungi dari sebelumnya. Lingkaran hijau adalah zona proteksi yang diberikan oleh penyalur petir tambahan yang dipasang pada titik  $x_3 = 136$  dan  $y_3 =$



56. Berdasarkan analisis sebelumnya bahwa penempatan ulang ini tidak merubah radius proteksi dari penyalur petir ke-1 atau ke-2. Radius proteksi kedua penyalur ini tampak seperti gambar 4.5 dan 4.6. Untuk penyalur ke-3 besarnya radius proteksi dengan komponen tinggi support penangkap petir 3 adalah 2,02 m, tinggi tiang penyangga 19,5 m dan tinggi bangunan terendah gedung PWS adalah 4 m. Tingkat proteksi secara keseluruhan II. Menurut NFC 17 – 102 besarnya  $\Delta T$  ketika *front time* 15 $\mu$ s pada ketinggian tersebut memiliki  $\Delta L = 44$ .

$$h = (\text{Bangunan tertinggi} - \text{Bangunan terendah}) + \text{Tinggi Support Final}$$

$$h = (19,5 - 4) + 2,02$$

$$h = 17,52 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R_p &= \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \\ &= \sqrt{17,52(2 \times 45 - 17,52) + 44(2 \times 45 + 44)} \\ &= \sqrt{1.270 + 5.896} \\ &= 85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk jenis kabel yang digunakan kabel coaxial merk *Skylance Lightning Carrier*. Untuk jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda jenis batang dari bahan baja galvanis yang dipasang sedalam 24 meter pada bak kontrol dengan ukuran 40x40x40 cm. Estimasi biaya pemasangan penangkal petir baru adalah :

Tabel 4.8 Biaya pemasangan penangkal petir

No.	Spesifikasi Produk	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
				(Rp)	(Rp)
1	Kabel NY 1x70 mm <sup>2</sup>	50	m	100.000	5.000.000
2	Tiang penyangga 19,5 m	1	unit	22.425.000	22.425.000
3	Arde pentanahan max. 1 $\Omega$	1	set	2.500.000	2.500.000
4	Bak control beton 40x40x40 cm	1	set	2.200.000	2.200.000
5	Material bantu kerja & assesories	1	lot	1.500.000	1.500.000
	Jumlah				33.625.000
	PPn 10%				3.362.500
	<b>Total Biaya</b>				<b>36.987.500</b>

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan evaluasi terhadap SPP Eksternal yang terpasang maka dapat disimpulkan, yaitu :

- Melalui metode *Zona Proteksi Razevig*, penyalur petir 1 yang terpasang hanya melindungi daerah seluas 3.167,32 m<sup>2</sup> (11,19 %) dari luas area UPT LAGG BPPT seluas 28.304,17 m<sup>2</sup>. Untuk mendapatkan perlindungan yang lebih baik, maka dibutuhkan penyalur petir tambahan sebanyak 9 buah.
- Melalui metode *Zona Proteksi Razevig*, penyalur petir 2 yang terpasang hanya melindungi daerah seluas 629,59 m<sup>2</sup> (2,22 %) dari luas area UPT LAGG BPPT seluas 28.304,17 m<sup>2</sup>. Untuk mendapatkan perlindungan yang lebih baik, maka dibutuhkan penyalur petir tambahan sebanyak 45 buah.
- Melalui metode *Bola Bergulir* mendapatkan hasil bahwa penyalur petir tersebut hanya melindungi daerah seluas 2.826 m<sup>2</sup>. Ini berarti dari luas lahan sebesar 28.304,17 m<sup>2</sup> penyalur petir yang terpasang hanya memproteksi sebesar 9,98% saja. Dibutuhkan penyalur petir tambahan sebanyak 10 buah lagi agar daerah tersebut dapat terlindungi.
- Untuk luas daerah yang terproteksi oleh *EF Lightning Protection System* adalah sebesar 37.994 m<sup>2</sup>. Dilihat dari luas daerah proteksi, luas daerah proteksi yang dihasilkan satu penyalur petir terpasang di tempat tersebut sudah dapat melindungi luas tempat tersebut. Namun dalam kenyataannya, ada beberapa luas daerah pada tempat tersebut yang tidak terproteksi. Hal ini disebabkan karena kurang tepatnya penempatan pemasangan penyalur petir yang telah ada dan diindikasikan bahwa penyalur ini sudah mengalami kebocoran sistem dengan bukti ketika terjadi sambaran petir, peralatan instrumentasi, server jaringan mengalami kerusakan.
- Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka dipasang SPP ESE ke-2 yaitu dengan menggunakan *Skylance Lightning Protection System*. Luas daerah yang terproteksi *Skylance Lightning Protection System* adalah sebesar 42.251,84 m<sup>2</sup>. Dilihat dari luas daerah proteksi, luas daerah proteksi yang



dihasilkan penyalur petir baru terpasang di tempat tersebut sudah dapat melindungi luas tempat tersebut.

- Penambahan SPP ESE ke-2 menurut analisis & evaluasi belum mencakup seluruh area UPT LAGG BPPT, maka penulis memberikan usulan untuk meningkatkan tingkat perlindungan dari sambaran petir langsung atau tidak langsung menurut *master plan*. Ada beberapa alternatif usulan yaitu :
  - i. Penempatan ulang penyalur petir yang ke-1 koordinat awal (71,107) menjadi koordinat akhir (64,76) & penyalur yang ke-2 koordinat awal (71,88) menjadi koordinat akhir (124,103). Hal ini dilakukan untuk menutupi kekurangan dan memberikan perlindungan dari beberapa daerah yang tidak terproteksi sebelumnya.
  - ii. Penambahan penyalur petir yang ke-3 pada koordinat (136,56). Hal ini dilakukan untuk menutupi kekurangan dan memberikan perlindungan dari beberapa daerah yang tidak terproteksi untuk rencana antara 5 – 10 tahun mendatang. Spesifikasi penyalur petir yang digunakan adalah *Skylance Lightning Protection System*.
- Jika dilihat dari komponen – komponen petir pada penyalur petir 1 ataupun penyalur petir 2 sudah memenuhi standar yang diisyaratkan oleh PUIL 2000 & NFPA 780.

## DAFTAR REFERENSI

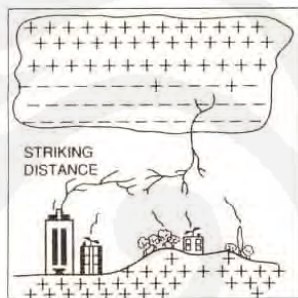
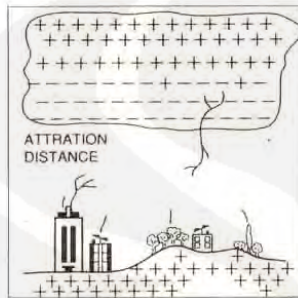
- [1] **Agus Falentigo, Irvan.** (2009). *Evaluasi Instalasi Penyalur Petir di PT.Pertamina (Persero) Unit Pemasaran III Depot Padalarang.* Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- [2] **Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan** Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk bangunan di Indonesia. (1983). Hal.17. Cetakan Pertama.
- [3] **Garniwa MK, Iwa.** (1998). *Analisis Distribusi Arus, Intensitas Medan Magnet dan Tegangan Induksi pada Sistem Penangkal Petir di Gedung Bertingkat.* Jakarta : Universitas Indonesia.
- [4] **Hasse, Peter. Dr –Ing.** (2001). *Characteristics of Direct Strike Lightning Events and Risk Assessment.* Las Vegas.
- [5] **IEC 62305.** (1983). *Protection against lightning.*
- [6] **Meyditri Luden, Harnyatri.** (2003). *Studi Tentang Efek Petir Terhadap Peralatan Elektronik dalam Bangunan dan Pengamannya.* Surabaya : Universitas Kristen Petra.
- [7] **National Fire Protection Association** 780.
- [8] **Panitia Revisi PUIL 2000,** *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) SNI 04-0225-2000,* Yayasan PUIL, Jakarta.
- [9] **Setiabudy, Rudi.** (2007). *Pengukuran Besaran Listrik.* Jakarta : Universitas Indonesia.
- [10] **Sulistyo, Teguh.** (2001). *Analisis Distribusi Arus Sambaran Petir pada Sistem Penangkal Petir Gedung Reaktor Sebaguna GA SWABESSY.* Jakarta : Universitas Indonesia.
- [11] **Widyanto, Aji.** (2008). *Analisa Evaluasi Sistem Proteksi Petir pada Fasilitas Migas (Studi Kasus PT. PERTAMINA SP BALONGAN).* Jakarta : Universitas Indonesia.

# Penangkal Petir Modern



**\* E.F.\* Carrier System  
of  
Lightning Protection  
\* E.F.\* International SA, Switzerland**

# ★E.F.★ Energie Froide Electrostatic Field



Petir adalah salah satu fenomena alamiah yang sangat kompleks yang terjadi sebagai proses alamiah yang terakumulasi bersamaan dengan adanya badai awan dan turunnya hujan.

Kilat atau sambaran petir bisa terjadi di antara awan dengan awan dan awan dengan bumi.

Sambaran petir memiliki kemampuan merusak yang sangat hebat dan merugikan bagi obyek-obyek di bumi :

- Merusak secara mekanik berupa hancurnya bangunan-bangunan tinggi maupun bangunan-bangunan rendah.
- Meledakkan, membakar dan memanaskan pada unit tangki-tangki minyak atau gas, unit penyimpanan bahan peledak maupun terbakarnya hutan dan lain-lain.
- Menyebabkan tegangan induksi pada obyek sekitar karena memancarkan medan listrik dan medan magnet yang dapat merusak perangkat-perangkat elektronik dan telekomunikasi baik di luar maupun di dalam gedung.
- Kematian atau cederanya manusia dan makhluk hidup lain secara mengerikan.

Mengatasi fenomena tersebut penangkal petir modern **\*E.F.\* Lightning Protection System** mampu memberikan jawaban dan solusi secara menyeluruh.

## SPESIFIKASI

Ada tiga prinsip penting yang dimiliki oleh penangkal petir modern **\*E.F.\* Lightning Protection System**:

1. Penyaluran arus petir yang sangat cepat atau tertutup terhadap obyek sekitar dengan menggunakan terminal penerima dan kabel penghantar khusus yang memiliki sifat isolasi tegangan tinggi.
2. Menciptakan elektron bebas awal yang besar sebagai Steamer Emission pada bagian puncak dari system penangkal petir (terminal).
3. Penggabungan **\*E.F.\* Terminal** dan **\*E.F.\* Carrier** yang memiliki isolasi tegangan tinggi pada system penangkal petir, memberikan jaminan keamanan terhadap obyek yang dilindungi.



## • \*E.F.\* LIGHTNING TERMINAL DAN FIBREGLASS MOUNTING



- Menciptakan elektron bebas atau emisi lebih awal mendahului obyek sekeliling yang dilindungi atau yang menjadi sasaran sambaran.
- Berisolasi tegangan tinggi, mampu menghasilkan emisi  $6 \times 10^{12}$  elektrons / second per milliamp atmospheric current, yang terbangkit dengan sendirinya oleh besarnya medan listrik yang terjadi di awan dan berlanjut dengan pengembangan corona effect di atmosfer.
- Mengantisipasi secara dini sambaran petir dengan **aktif - reaktif sesuai Early Streamer Emission (ESE)**.
- Tidak menggunakan radio elemen, battery atau solar cells, capacitors, diodes maupun electric resistance.
- Non radioaktif.
- Berat : 2 Kg.
- Pemasangan minimum 3 m di atas level tertinggi dari obyek yang dilindungi.
- Mampu menerima sambaran petir hingga 150 kA.
- Memberikan efek radius proteksi cukup luas, tergantung pada ketinggian pemasangan dan intensitas sambaran.

Tinggi (meter)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Radius Proteksi (meter)	95	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

Radius proteksi ditetapkan sesuai kapasitas \*E.F.\* Terminal dengan emisi  $6 \times 10^{12}$  elektrons / second per milliamp current dengan tingkat sambaran petir rata-rata 25 kA.

## • \*E.F.\* CARRIER / KABEL PENGHANTAR



- Coaxial structure tegangan tinggi, menyalurkan arus petir ke bumi tanpa menimbulkan efek listrik terhadap obyek sekitar
- Mencegah adanya induksi.
- Mencegah adanya lompatan arus listrik / kilat samping.
- **Transient Absorption Technology (TAT)**, mencegah adanya primary lightning overvoltage.
- Mampu menerima tegangan sambaran hingga 250 kV.
- Memiliki 2 penghantar, inner dan outer,  $2 \times 35 \text{ mm}^2$ , total diameter 31 mm, berat 1,5 Kg/m, max. tekukan pemasangan 0,6 m.
- Insulation : special flame retardant composition..

### FENOMENA SAMBARAN PETIR



Fenomena Awal



Fenomena pada hantaran saat terjadi sambaran



Shielding Effect pada \*E.F.\* Carrier

Penggabungan \*E.F.\* Terminal dan Carrier :

- Memberikan jaminan keamanan menyeluruh (total solution).
- Memenuhi International Quality Standard (ISO 9001).

## ● EARTHING / ARDE



Sangat diperlukan kondisi arde yang baik agar mampu menghilangkan arus petir dengan cepat dan aman ke bumi. Untuk arde yang baik direkomendasi menggunakan bahan high quality electric non - corrosive copper material.

Tahanan tanah : < 5 ohm.

## ● \*E.F.\* LIGHTNING COUNTER



Adalah peralatan tambahan untuk menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi. Alat ini dipasang pada ground terminal, mulai bekerja pada arus 1500 ampere dalam 1,5 micro second pulse.

Beratnya 0,8 Kg bisa menghitung hingga 999,999 kali (non resetable).

**SEMUA SYSTEM PENANGKAL PETIR YANG ADA MASIH MENIMBULKAN RESIKO EFEK LISTRIK YANG BESAR BAGI STRUCTURE DAN LINGKUNGANNYA JIKA SYSTEM PENANGKAL PETIR TERSEBUT TIDAK MENJAMIN KEDAPNYA PENYALURAN ARUS PETIR KE BUMI**

## REFERENSI PEMASANGAN \*E.F.\* LIGHTNING PROTECTION DI INDONESIA

- Instansi Pemerintah & Swasta  
Gedung-gedung bertingkat tinggi, menengah dan rendah meliputi : perkantoran, sekolah, pergudangan, pabrik-pabrik, tower telekomunikasi, dan lain-lain.
- Instansi Militer  
Kantor, tower telekomunikasi, gudang amunisi, dan lain-lain.
- Sarana Ibadah  
Gereja, mesjid, vihara dan candi.
- Pertambangan  
Pertamina, tambang emas, tambang batubara dan perusahaan minyak swasta lainnya meliputi : tangki-tangki, gas station, tower telekomunikasi, dan lain-lain.
- Perumahan  
Rumah tinggal dan real estate.
- Sarana Olahraga  
Lapangan golf, sepak bola, tenis, dan lain-lain.

Lokal Distributor :

# SKYLANCE<sup>®</sup>

HIGH VOLTAGE PULSE LIGHTNING CONDUCTOR

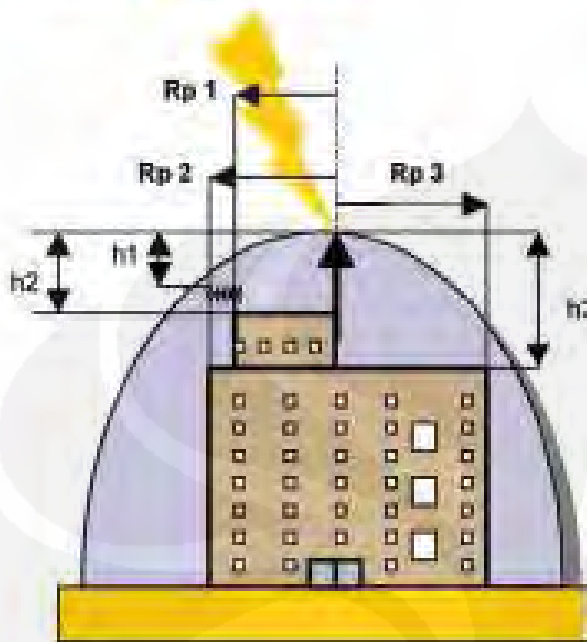
CONFORMS TO  
**NFC 17-102**

EFFICIENCY  
TESTS  
CERTIFIED  
BY THE  
**LCIE**

**SERELI**



## Radius of Protection



$R_p$  : radius of protection in an horizontal plane situated at a vertical distance  $h$  of the rod.

$R_p = \sqrt{(h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L))}$  for  $h \geq 5m$ .  
For  $h < 5m$ , use the table hereunder.

$h$  : height of the top of the point of SkyLance above the area to protect.

$D$  : striking distance, as defined in NFC 17-102, 20m for Level of Protection 1 (LP1), 45m for Level of Protection 2 (LP2), 60m for Level of Protection 3 (LP3).

$\Delta L$  :  $10^4 \times \Delta T$ , where  $10^4$  represents the velocity of lightning.

$\Delta T$  : initiation advance measured during HV laboratory tests following the Appendix C of the French standard NFC 17-102.

## Radius of Protection

They are calculated with the formula of  $R_p$  given above. The recommended radius of protection, following the French Standard NFC 17-102, are given in the table hereunder:

$h$ (m)	Recommended Radius of Protection of SKYLANCE (m)								
	LP1			LP2			LP3		
	h=0	h=1	h=2	h=0	h=1	h=2	h=0	h=1	h=2
2	17	25	38	21	31	44	24	34	50
1	26	39	53	34	48	65	38	57	77
4	34	51	68	44	65	88	48	72	98
6	40	60	80	50	75	100	54	81	110
8	42	63	83	53	81	107	57	87	117
10	43	63	84	54	82	108	57	91	118
15	43	64	84	60	82	104	68	92	114
20	44	64	84	63	84	105	71	94	116
45	45	65	85	65	86	107	75	97	118
60	45	65	85	70	90	110	81	101	124

$h$  (in meters) : height of the top of the point of SkyLance above the area to protect.  
LP: Level of Protection following Appendix B of the NFC 17-102.



## SERELI 20 years of experience in Design of E.S.E Lightning Conductors

Since 1985 SERELI has manufactured more than 40,000 units E.S.E lightning conductors installed in more than 50 countries around the world.

SERELI has more than 20 years experience in the development and manufacture of lightning protection equipment and markets a comprehensive range of products, including:

- E.S.E lightning conductors,
- surge protective devices for data lines,
- high frequency earthing system measuring instruments,
- lightning counters and mast spark gaps.

**SKYLINE** is the latest and most advanced E.S.E lightning conductor developed through SERELI's wide and extensive experience in this field.

SERELI's experience extends to the field of Radio and High Frequency activity and works closely with major European cable and satellite providers.



The manufacturing test consists of the detailed verification of SKYLINE's signal using a high voltage generator, a surge probe, the result is displayed on an oscilloscope. This control is essential because the quality of the signal influences the efficiency of the lightning conductor.

## Know-how of a Specialist & Manufacturing Process

### Longer life span

The enclosed sparking air-gap of the lightning conductor ensures that it will not be affected by rain and pollutants, thereby greatly improving the life span of the **SKYLINE** units.

### Manufacturing process

For the manufacture of **SKYLINE**, SERELI uses the state of the art industrial processes and proven techniques acquired through long years of experience in this field.

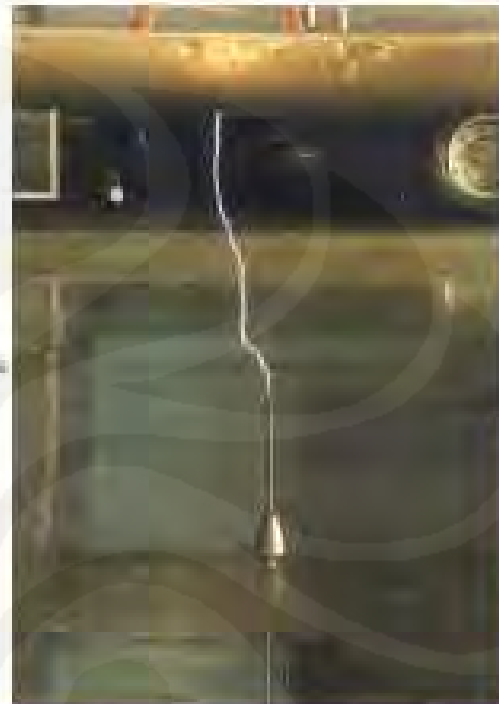
### Factory Tests

**SKYLINE** units are individually tested at SERELI laboratory before being dispatched and each unit is accompanied by its factory test certificate.

## SKYLANCE the must of E.S.E Lightning Conductors

**SKYLANCE**, incorporates an improved Early Streamer Emission system that enhances its efficiency to capture lightning as compared with other lightning conductors.

The design of **SKYLANCE** has been optimised during numerous VHV. laboratory tests, and its performance has been measured in one of the largest French VHV. laboratories, the Centre d'Essais Aéronautique de Toulouse – CEAT – belonging to the French Ministry of Defence.



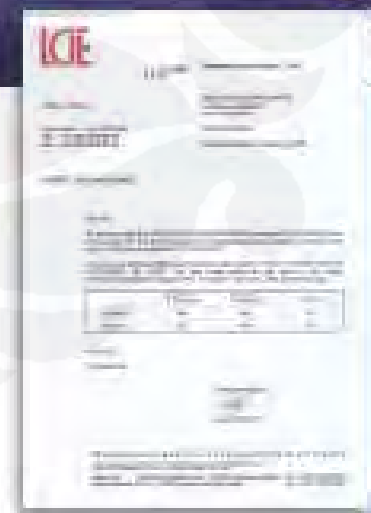
Efficiency tests to French Standard NFC 17-102 performed in the CEAT using a 5MV Marx generator, and a 400/2500  $\mu$ s waveform.



## NF C 17-102 Testing Procedure witnessed by LCIE

**SKYLANCE** time gain and performance have been tested and validated in the high voltage laboratory of the Centre de Génie Electrique of Lyon, France.

This test was witnessed and the results certified by The LCIE, the Laboratoire Central des Industries Electriques, to follow Appendix C of the French standard NFC 17-102.

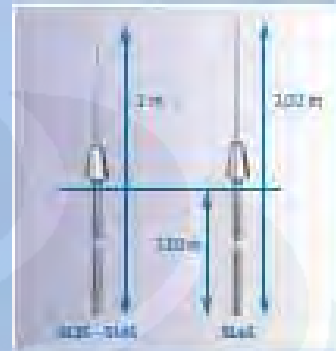


## Technical Specifications of the SKYLANCE range

**SKYLANCE** is constructed using stainless steel 304L. This enables **SKYLANCE** to be weatherproof, anti-corrosive and ensure maximum mechanical strength.

The points are  $\varnothing 20$ mm long for SL25, SL45 and SL65. Security screws are used to improve the blocking of the point and the rod.

**SKYLANCE** is designed to withstand the most severe thunderstorm conditions and high intensity lightning strikes.



**SKYLANCE** is the latest and most advanced in the series of lightning conductors manufactured by SERELI. The **SKYLANCE** boasts new improved performance through the integration of SERELI's extensive experience in lightning conductor design:

- ▶ the HV. block participates, with the point, in the process of lightning capture enhancement,
- ▶ the stainless-steel HV. block integrates internal security features enabling **SKYLANCE** to withstand important mechanical constraints and very high intensity lightning currents,
- ▶ the **SKYLANCE** sparking airgap is protected from rain and pollutant.

Stainless-steel connectors are used to fix the down conductor to the rod of the **SKYLANCE**.

Several types of conductors can be used with this connector :

- 25 x 3 mm tape
- 30 x 2 mm tape
- 10 mm round conductor.

## Range of SKYLANCE

Description	AT ( $\mu$ s)	Ball (mm)	Point (mm)	Vol. Block ( $\mu$ m <sup>3</sup> )	Total Length (mm)	Total Weight (ml)
SL25 SKYLANCE complete (rod, point & rod)	30	$\varnothing 20$	0.60	0.08	1.00	7
SL45 SKYLANCE complete (with point & rod)	50	$\varnothing 20$	0.63	0.08	1.00	7
SL65 SKYLANCE complete (with point & rod)	70	$\varnothing 20$	0.65	0.09	1.00	7.5

The AT given in brackets are the values measured in the VICH laboratory and witnessed by IEC, less 10 to 20  $\mu$ s, as a precaution.



### Maintenance through test on site

It is strongly recommended to inspect regularly the lightning protection system and installation. SERELI has developed a test kit enabling the installers to test **SKYLANCE** on-site, even from several meters of distance.

The special test kit includes :

- a portable HV. test instrument to check the operational status of the **SKYLANCE**,
- an extendable insulated pole.

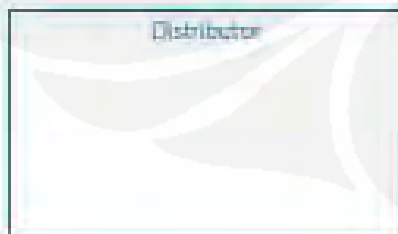
### Some **SKYLANCE** References



Scientific Atlanta, France



Charles De Gaulle airport Hyatt Hotel in Paris



Espace Entreprises  
cité Longs Réages  
28230 Spompon  
FRANCE  
Tel: 0033 237 834 552  
Fax: 0033 237 838 932

**SERELI**  
SERELI® is a trademark of SERELI

### NF C 17-102 standard modification

New NF C 17-102 standard interpretation sheets have been created. It has an important place in the study and implementation of ESE protections. Three points are essential in this document which is available:

- Protection levels
- Protection of buildings with height >60m.
- Additional measures for levels I+ and I+-

#### 1) Levels of protection (NF C 17-102 - F6 interpretation sheet)

The NF C 17-102 standard is then in concordance with the NF C 17-100 one concerning the protection levels. Formerly divided in 3 levels for the radius of protection calculus, the standard is now composed of 4 : Level I, II, III and IV. The new level of protection being the second one, the values did not change for the 3 others levels.

The formula for the calculus of the protection radius still be the same, it means:

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

Only the D constant takes another value for the level II:  
D=30m.

It is then necessary to consider these 4 levels which offer a range of radius of protection more important. The values of these last one are described in the following table:

Rp	ΔT = 15μs				ΔT = 30μs				ΔT = 45μs				ΔT = 60μs			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
2	13	15	18	20	19	22	25	28	26	28	32	36	31	35	39	43
4	25	30	36	41	38	44	51	57	51	57	64	72	63	69	78	85
5	32	37	45	51	48	55	63	71	63	71	81	89	79	86	97	107
6	32	38	46	52	48	55	64	72	63	71	81	90	79	87	97	107
8	33	39	47	54	49	56	65	73	64	72	82	91	79	87	98	108
10	34	40	49	56	49	57	66	75	64	72	83	92	79	88	99	109
20	35	44	55	63	50	59	71	81	65	74	86	97	80	89	102	113
30	35	45	58	69	50	60	73	85	65	75	89	101	80	90	104	116
60	35	45	60	75	50	60	75	90	65	75	90	105	80	90	105	120

The evaluation rules of the level of protection are those described in the IEC 62-305-2 standard and the UTE C 17-100-2 guide.

#### 2) Protection of the buildings with height >60m (NF C 17-102 - F7 interpretation sheets)



Find hereunder some rules to respect concerning the protection of buildings according to the height:

Height of building	Principles of protection for direct lightning strikes
< 60 m	Application of the NF C 17-102 to protect the roof against direct lightning strikes
> 60 m	Application of the NF C 17-102 to protect the roof against direct lightning strikes. Additional protection against direct lightning strikes installed on each front on the last 20%. Installation of 4 down conductors at minimum in compliance with NF C 17-102, installed if possible, on the 4 angles of the building. Moreover, for the buildings with a height superior to 120 m, it is recommended to spread the additional protection on front at all points situated at more than 120 m.



### 3) Additional measures for levels 1+ and 1++ (NF C 17-102 - F6 interpretation sheets)

Find hereunder the installation rules and implementation of the lightning protections for levels 1+ and 1++:

**Level 1+:** Structure with roof protected by ESE. The whole constituted by ESE, down conductor(s) and earthing system (s) is connected to continuous metal framework or in concrete of the structure which are used as additional natural down conductors.

The connexion between ESE and natural down conductors should be done at the roof and ground level.

In the case where these down conductors are not interconnected at the roof level, a ring on the building situated above the roof can fill this function.

The natural down conductors should be interconnected between each other at the ground level either by the inspection pit or a conductor.

These points will be realized of course according to the considered structure.

**Level 1++:** Structure with roof protected by ESE of level 1+ with reduction of the radius of protection of 40% (if not already applied in a case of a ICPE classified site) and insuring a complete protection of the materials on the roof against lightning strikes.

In all cases, a study more precise is necessary to evaluate correctly the needs and structural constraints for the two additional measures levels.



FRANKLIN France  
B.P. 105 - 13 rue Louis Armand  
77534 Ozouer-la-Ferrière Cedex - France  
Tél : 33 (0)1 60 34 54 44  
Fax : 33 (0)1 64 40 35 43  
Email : franklin@franklin-france.com  
<http://www.franklin-france.com>





# E.S.E. and non conventional LP systems

Extracts from the paper of Prof. Aage E. PEDERSEN introduced during the 27th I.C.L .P. conference in Avignon- France- and interesting comments and response from a Malaysian lightning protection engineer.

January 2006

The following are Quotes extracted from the paper and our Comments with regards to your quotes.

## THE TECHNICAL ASPECTS:

Quote:

*Radioactive rods have been used for many years but have shown no advantage relative to ordinary lightning rods, and the use of radioactive material for this purpose has now been abandoned in most countries.*

Comment:

Radioactive rods have been abandoned not because it shows no advantage relative to ordinary rods but because of environmental concern as it contains Radioactive substance which are currently banned in most countries after the nuclear disaster in Russia. In actual fact, radioactive rods are part of ESE rods too. The only difference is that Radioactive substance were used to launch the upstreamers while majority of today's ESE rods rely on the electric field to trigger the launch of upstreamers.

Quote:

*Early Streamer Emission System (ESE), attempts to utilize an emission of early discharges (streamers) on special lightning rods, to provoke and trigger an early lightning flash and thus protect the surrounding over a greater area than in the case of ordinary lightning rods. Even though the name Early Streamer Emission indicates, that it is the early onset of streamers on ESE rods relative to the ones on ordinary lightning rods, that is a measure for the advantage, it appears that the advantage actually is determined by the time difference between the instances of the first appearance of any type of discharges on the two types of lightning rods, an interpretation that will favour the rod with the smallest curvature radius on the tip.*

Comment:

I think there has been some confusion between the upstreamer and other discharges. Sharp tip does not mean that it can launch up streamer earlier. Sometimes the Corona Effect of a sharp tip forms space charge to prevent the launch of up streamer. A good ESE rod will launch upstreamers only at suitable time to prevent space charge problem.

Quote:

*Even though the hypothesis seems logical, actual experience in the field has shown that the triggering of a flash is extremely complex and much more complicated than anticipated in the hypothesis.*

Comment:

If TRIGGERING of a flash is extremely complex and much more complicated than anticipated, then is it correct to state the following?

Quote:

*Therefore, the concept of early streamers is not sufficient and inadequate as a parameter for the determination of any advantage of ESE rods versus ordinary lightning rods.*

Comment:

If the ESE rods do not have early streamer emission then the number of ESE rods required to protect a building will have to be the same as ordinary lightning rods i.e. one ESE rod every 10 to 15 meters apart. However there are many buildings that are equipped with only 1 ESE rod or even 1 ESE rod for several buildings.

In Hong Kong a total of more than 1000 ESE rods of our proprietary product; E.F. have been installed since 1975. Out of which 450 systems were monitored through our maintenance scheme as attached in Appendix A «E.F. in Hong Kong». Some of these systems were equipped with lightning counters and the total number of lightning discharges onto the system till date is 266. The very rare cases where lightning did bypass the ESE rod and caused very minimal and minor damages are also listed in Appendix A. Based on this data, if ESE rod does not have any advantage versus ordinary lightning rods, then wouldn't most of the building suffer damages to the façade especially at the corners since the ESE rods are mostly placed at the centre of the buildings?

Quote:

*«Moreover, several investigations (for inst. by Z.A.Hartono and by Charles B.More et al) have shown numbers of missinterceptions, and lightning stokes terminating in the close vicinity of ESE rods, and that competition race between ordinary Franklin rods and ESE rods arranged in parallel setups and exposed to natural lightning did not favour the ESE rods as it should be expected according to the claimed properties.»*

Comment:

Does this mean that there are NO missinterceptions by the ordinary rods? Could we have more information as to the parallel setups? Were these setups done in actual Field Application where both ESE and ordinary Franklin rods were in placed? How many systems were installed? What was the coverage area?

The Lightning Flash Density in Kuala Lumpur is more than 25 per kilometer square per year ( ). We have been supplying E.F. since 1995 in Malaysia and till date we have supplied more than 250 systems with 75 systems located in Kuala Lumpur. If there are missinterceptions and ESE rods do not have the claimed properties, then wouldn't all these buildings have damages to the façade especially when located in an extremely high lightning flash density area? For your further information, 45 of these buildings located in Kuala Lumpur are higher than 60 meters while more than 95% of the systems installed in Hong Kong are higher than 60 meters. Our data clearly proves the effectiveness of ESE rods for buildings of any height and open areas. This would also mean that our proprietary product is above IEC 024 and NF C 7- 02 since the standards are meant for buildings less than 60 meters only.

## Creditability

New concepts are always turned down by authorities who are always cautious. It normally takes a long time; sometimes many decades to centuries before a new theory or concept is being approved depending on the evolution of the item especially any theory that cannot be simulated or tested in laboratory. For example, when car was first invented, people said that a car can never run faster than a horse but today we cannot live without a car. When Kolaj Kopenik first presented the theory that the earth moves around the sun no one believed him and he was even persecuted. After he died many years, then only people accepted his theory. As another example, when wireless communication was first invented, a British general said that wire is the only way for telecommunication. Today, a mobile telephone has become a basic necessity. Even until today, some people still disagree with Darwin's evolution.

Quote:

*Therefore, relevant standards are important for components, apparatuses or systems where safety is the issue, or where safety is involved, and moreover, that the standards contain tests' specifications relevant to the circumstances under which the items are going to be used.*

Comment:

I agree that standards are important especially where safety is the issue. However in lightning protection can any standard i.e. IEC 024, NF C 7- 02, BS 665 , etc. provide 100% guarantee? If lightning cannot be simulated in the laboratory and triggering lightning is very complex, then can any standard prevent or withstand Mother Nature?



In today's world, a day can hardly go by without the use of electronics. However electronics are very susceptible to damaged by effects of a lightning strike. BS 665 : 992 Appendix C. «General advise on protection of electronic equipment within or on structures against lightning» provided a guidance on this topic. However when this standard was revised in 1999, it still remained in Appendix C. When will be the next issue and will it be part of the standard or remain as Appendix C? This clearly shows that for a standard to recognize new components, apparatuses or systems, it takes a very long time and until it has been fully adopted, end-users continue suffer damages and losses.

Quote:

*Consequently standards, norms and code of practice should comply with at least one of the following requirements:*

- *Founded on recognized and verified physical theory and models.*
- *Founded on recognized and verified empirical models and experiences.*
- *Founded on recognized tradition and practice and experiments from the field collected over sufficient number of years.*

Comment:

Because of the unpredictable nature and incomplete understanding of the mechanism of lightning, the condition of today's lightning research has not changed much from Benjamin Franklin's time where there were no verified physical theory and models. All suggested modeling of today are still full of assumptions which means it is not much different from Benjamin Franklin - No Model.

Recognized tradition? In the 1990s, French scientists made «life-size» experiments on lightning during several years in Saint Privat d'Allier. Subsequently in 1995, the NFC 7- 02 standard was issued.

Practise and experiments from the field? Improvement of ionising initiation used in ESE devices is also inspired by what has always been observed in the nature such as lightning strikes favoured by hot ionised air coming out of chimneys, emission coming out of radioactive rocks, discharges between objects with a floating potential, etc.

Quote:

*However, laboratory tests are insufficient and inadequate because it is impossible in any laboratory to simulate natural lightning conditions*

*not least due to the limited space and the vast nonlinear characteristics of the lightning processes.*

Comment:

Therefore I agree that at this moment we should only consider Field Application instead of laboratory test because lightning is unpredictable and a natural event. However my interpretation of Field Application is to collect data containing the following parameters namely:

- a) The total number S lightning strike intercepted by ESE systems.
- b) The number N of ESE system observed/monitored
- c) Monitoring period in Year
- d) Number F lightning bypass the ESE system
- e) Number K bypass due to malfunction of ESE system such as poor up keep and incomplete system or misapplication
- f) The area covered by the above monitored ESE systems.
- g) Exact location of installation for third party to verify the data easier.

With the above parameter, we can calculate the failure rate R of ESE system in respect to number of ESE system by:  $R = \frac{F - K}{N}$

And the failure rate P of ESE system in respect to number of lightning strike by:  $P = \frac{F - K}{S}$

In order to minimize the random effect, the field statistic should fulfill the following criteria:

- 1) The number of ESE systems to be observed must not be in tens but in hundreds to thousands ....the more the better.
- 2) The area covered must in the hundreds to thousands KM2 ...the more the better.
- 3) The monitoring period must be more than 10 years ....the longer the better. We know that there are not

many sites in the world that can fulfill the above conditions, except Hong Kong. Nearly 70% of Hong Kong buildings are using ESE systems which have been installed since the 1970s (2). Appendix A shows that we have been monitoring the systems and have records of more than 20 years. It clearly proves the effectiveness of E.F. i.e a type of ESE rod. A similar study of another brand of ESE system also indicates the effectiveness of ESE system. The failure rate R is less than 1% per year and the main reason of failure was weak lightning discharge. If you or any other international independent research body is interested to have a further study or research through the Hong Kong platform, please contact us and we are willing to render our assistance.

### To conclude:

Quote:

*Similarly, it has neither been possible for independent scientists nor organizations to confirm the claimed advantages. On the other hand several investigations have indicated that the ESE devices offer no advantages relative to ordinary lightning rods.*

Comment:

If ESE rods are ineffective but there are so many buildings around the world that utilizes it, then would it mean that these buildings are not protected from lightning? Malaysia has the second highest lightning incidences in the world and there are more than 10,000 installations of ESE rods by many different manufacturers in the entire country. If your findings are true, then at least 50% of these buildings would have damages to the façade. We cannot provide a very detailed data as our Hong Kong counterpart can,

but what we can share is the following:

1. Empire Tower in Kuala Lumpur installed E.F. on 27th Dec. 2001 has recorded 2 lightning discharges as of 15th March 2002.
2. Berjaya Times Square in Kuala Lumpur installed E.F. on 15th Sept. 2002 has recorded lightning discharges as of 24th Nov. 2004 as follows:

	Total Lightning Discharge
High Zone TowerA	15
High Zone TowerB	18
Low Zone TowerB	4
Low Zone TowerA	0

Federal Hill Housing installed E.F. on 2nd Dec. 2004 has recorded 1 lightning discharges as of 2nd Dec. 2005

### THE MORAL ASPECTS:

Quote:

*In spite of the lack of verification of the claimed properties, and in spite of the repeated criticisms from the scientific community, the ESE manufacturers have continued for more than 15 years to sell and promote ESE systems with promises of the non-proven efficiencies compared to ordinary lightning rods.*

Comment:

What other proof is better than seeing and experiencing it yourself? ESE rods have been used for 30 years. If it is not proven in Field Application, this system would have been abandoned just like the others. Engineers continue to use ESE rods and ESE market continue to expand instead of shrinking not because person, organizations, companies, etc. are being intimidated but merely because they are confident in ESE rods. The number of systems installed without having much problems arising after thunderstorm has

proved the effectiveness of ESE rods. Lightning is totally unpredictable but with its wide used in tropical country it is only a matter of collecting the data from Field Application as a prove.

## THE LEGAL ASPECT:

What sort of responsibility do standard bodies carry? In MS IEC 6 024- -2:200 it states in the National Foreward «Compliance with a Malaysia Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.» In IEC 6 024- -2 clause . states «This part of IEC 6 024 serves as a guide and is applicable to the design and installation of LPS for common structures up to 60 m high». Hence if an engineer were to do any design for lightning protection does the standard enlighten their responsibility? What more when the building is more than 60m high?

I hope to hear from you soon on the issues I raised because I strongly feel that it is unjust to ban ESE system unless you can provide reference data. We also hope that you will consider withdrawing your paper until a thorough study on ESE performance in Field Application is carried out.

## References:

- ( ) MS 460: 999 pg.
- (2) A Preliminary Survey of Lightning Protection Practices in Hong Kong Buildings. By Y DU, PhD CENG MIEE and K M LAU, B Eng (Hons) Msc. Published in The Hong Kong Institution of Engineers Transactions. Volume 0. Number .

### 5.0 Un-conventional lightning protection system: A technical scam?

In many western scientific institutions, the marketing and sale of the un-conventional LPS is considered un-ethical and a technical scam. The technical scam arises because the vendors of the non-standard LPS had used half truths and outright deception to convince the potential customer that:

- The non-standard LPS had complied with a foreign “product standard” or had been “approved” by the local standards body.
- The use of the non-standard LPS system will provide safety for the user from direct lightning strikes.

Both these claims are totally false as shown in the earlier sections.

The methods used by the vendors in selling their non-standard systems are highly questionable. They have used a number of different techniques with each technique being applied according to the type of potential customer i.e. whether a non-technical layperson or a technical professional.

The methods are briefly described below:

#### 5.1 Melville’s “Lightning Rod Man” method (<http://www.melville.org/lrman.htm>)

This refers to the 19<sup>th</sup> century short story about the devious lightning rod salesman who went from town to town selling lightning rods to the layperson in the USA.

In the story, the method used by the lightning rod salesman is to strike the fear of lightning into the unsuspecting customer by using jargon that the customer does not fully understand. The salesman also portrayed himself as a person who is learned in the science of lightning and belittled the customer when he gets too many inquisitive questions about his product.

A similar method is used by the modern day “lightning rod man” i.e. the non-standard LPS sales engineer. He will use his superior technical knowledge to dupe the potential customer into purchasing the non-standard system. The sales engineer is sometimes aided by a foreign “LPS expert” from the manufacturer if his potential customer is a non-specialist technical professional.

The unethical tactic sometimes involved psychological operations by the foreign “expert” such as branding the potential customer as “backward”, “mediocre”, “archaic”, “old fashioned” etc. if he failed to understand or refused to accept the unconventional LPS. On the contrary, those who succumbed to the deception were praised as “brave”, “open minded” etc. as a reward.

For example, an Australian ESE manufacturer even had the following phrase, supposedly made by Albert Einstein, written in the opening pages of its marketing brochures from 1987 to 1995: **“Great spirits have always encountered violent opposition from Mediocre Minds”**.

This kind of subtle phrase puts pressure on the potential customer to recognise the non-standard air terminal in order that he avoid being branded as mediocre by the foreign “expert” in front of his colleagues. Such tactics may succeed in making sales but they do not validate the non-standard LPS.

#### 5.2 “Success stories” in foreign countries

This “half-truth” tactic is used when the sales engineer meets with the layperson and professionals. He would provide references of “successes” in foreign countries that would be rather difficult for the layperson or professional to verify. At the same time, any evidence of failures that occurred locally will not be mentioned.

For example, one foreign ESE “expert” keeps referring to how the system was successfully used at a satellite ground station in a neighbouring country but refused to mention that the same system had failed to protect dozens of buildings from being struck by lightning in Kuala Lumpur although he already knew about it from our photographs and published works.

This method was also used by the local vendors and some of the academics.

### **5.3 Claims of “on-going research” by the manufacturers**

This tactic is normally used when the sales engineer meets with the technical professionals. He would provide information about the research work that was being done by the manufacturer to “verify the effectiveness” of the product.

This information is normally in the form of conference papers submitted by the manufacturers’ “experts” and the purpose is to make an impression on the professional about the “scientific nature” of their product. However, the result of the research work was never reported to the customer since the sale had been successful.

Years later, a new “on-going research” program would be publicised to a new set of professionals but no reference was made to the earlier research program. This is because the results of the earlier work was either a failure or was inconclusive to show that the product worked.

For example, a 1987 product brochure of an Australian ESE manufacturer had mentioned of an extensive field testing involving several air terminals that were exposed to lightning at a testing ground in the mountains of New Mexico, USA. However, a 1995 brochure by the same manufacturer made a passing reference about the New Mexico field test plus a similar new field test that was being conducted in Darwin, Australia.

When questioned about the results of the earlier field test that was conducted in the USA, the sales engineer feigned ignorance about it and the foreign “expert” replied that he would have to check with his research colleagues about the results (in order to avoid answering the question directly).

By 1998, the manufacturer published a paper<sup>30</sup> concerning the work done at the Darwin site and by this time, nothing was mentioned at all about the 8 year long tests at the New Mexico site. The 1998 paper also made no mention that lightning had struck any of the air terminals in the Darwin tests after 3 years of exposure, thus suggesting that the air terminal still could not “attract” lightning.

In another study by American scientists, the Australian ESE air terminal was one of several types of ESE terminals that were subjected to natural lightning tests at their research laboratory in New Mexico. It was reported<sup>31</sup> that none of the ESE air terminals they tested was struck by lightning in the 7 years that they were exposed to

---

<sup>30</sup> J.R. Gumley, F. D’Alessandro, M.A. Austin, “Experimental arrangements to study lightning attachment characteristics in Northern Australia”.

<sup>31</sup> Uman, M. A. and Rakov, V. A., “A Critical Review of Non-conventional Approaches to Lightning Protection”, Bulletin of the American Meteorological Society, December 2002, pp. 1817. ([http://plaza.ufl.edu/rakov/Uman&Rakov%20\(2000\).pdf](http://plaza.ufl.edu/rakov/Uman&Rakov%20(2000).pdf))

thunderstorms at the mountain top testing ground. Only the blunt tipped Franklin rods, which were also installed as part of the experiment, were struck several times while none of the ESE air terminals and the sharp tipped Franklin rods were struck.

This independent study suggests that the ESE air terminals tested did not have the ability to attract lightning as claimed by their manufacturers. However, the ESE sales engineer would ignore all their earlier studies and refer only to the “on-going research” in order to dupe the unsuspecting customer.



This picture shows of one of the New Mexico test sites where several types of ESE (French and Australian air terminals) and conventional air terminals had been exposed to lightning for several years to gauge their effectiveness under natural lightning conditions.

[This picture was obtained from one of the American lightning research websites.]

#### **5.4 Lightning strike counters reading**

This tactic is a favourite method employed by sales engineers to convince the layperson and technical professional. The ESE air terminal is often equipped with a lightning strike counter in its down conductor circuit. The purpose of the counter is to register the number of “successful” lightning strikes captured by the ESE air terminal.

However, some of these counters had given an exceedingly high count, some as high as 30 strikes in a single year. This figure is used by the sales engineer to impress the unsuspecting potential customer that the air terminal is working very well i.e. “capturing” many lightning bolts.

However, such high counter readings are misleading since the unconventional air terminal can expect an average of only one direct strike per year if its non-scientific claim is true and it is installed on a 100m high building. The high counter reading only showed

that the counter supplied was of low quality i.e. its mechanism had registered other current surges instead of lightning.

Hence the sales engineer is depending on the ignorance of the potential customer to believe the unjustified claims and to make his sale.

### **5.5 Claims for scientific freedom**

This tactic is used when the sales engineer is confronted with scientific evidence that his product is a failure. He will appeal to the potential customer by saying that the “advanced research” that they were conducting on the non-standard system should not be “gagged” by academics and scientists.

This kind of appeal may seem reasonable in the early stages of the product life cycle but, after more than a decade of failure to provide even a scientific basis for their product, the sales engineer should have the decency to stop selling the non-standard LPS until he and his colleagues can show indisputable scientific evidence that their product actually works.

### **5.6 Scare tactic and creating doubts**

This tactic is used when the sales engineer meets a project engineer that does not have a firm knowledge about the lightning protection system to be used. This situation is commonplace since our experience shows that many project engineers have never seen a lightning protection standards document before and would rely on the vendors for information about lightning protection.

The sales engineer will try to scare the project engineer into buying his product by inducing doubt on the conventional system, such as by suggesting “What if the conventional system does not work?” Such scare tactics, when combined with other dubious methods, sometimes work when the potential customer is new to the subject.

### **5.7 “Approvals” from foreign and local standards bodies**

This tactic is used by the sales engineer to convince his potential customer that his product had been “approved”. He would show to them the documents from the standards bodies that allegedly provide the approval to his product.

One document, a “certificate of test witnessing” from the BSI<sup>32</sup>, was used to convince the customer that the French-made LPS is “approved” by the body. However, a close inspection revealed that the certificate only stated that the test on the product had been carried out in their (BSI) presence. Furthermore, there already was a disclaimer (in fine print) at the bottom of the certificate that the document was not to be taken as an approval for the product.

Another document, a “certificate of testing” from SIRIM was similarly used. However, the document only stated that the product had been certified for testing against an electromagnetic compatibility standard to show that it will not cause any interference with the domestic electronic appliances. The potential customers, who probably have never seen any SIRIM standards document before, would not have known that the document had been misused to deceive them into purchasing the unapproved product.

---

<sup>32</sup> British Standards Institute.



Another similar document from MINT<sup>33</sup> shows that the non-standard system had been tested and found to be free from any radioactive materials. This document had been used to remove any further doubts that the potential customer may have on the non-standard LPS, especially after the customer have previously been using the banned radioactive LPS.

### **5.8 “VIP” customers**

If the above tactics failed, the sales engineer would normally cite the impressive supply record of the product as “proof” that it worked. With an impressive list of VIP users, probably in the hundreds, the layperson and professional can be easily persuaded to purchase the product without many questions.

VIP users in the country include most, if not all, of the royal palaces and government ministry buildings in the capital. However, the most convincing VIP user of them all is SIRIM.

By openly displaying the non-standard LPS on some of their buildings, SIRIM had given these products the veiled “approval” that the vendors desperately needed.

### **5.9 Denial of ESE status**

This desperate tactic was made by several ESE manufacturers and sales engineers in recent years in order to mislead the potential customer.

After many years of promoting their product with the acronym “ESE” attached to their product brand name, some of the manufacturers had removed the offending acronym from their new brochures that appeared since the NFPA rejected the ESE again in 2000. They have now substituted the acronym with other acronyms that gave their air terminals an air of “advanced” technology.

### **5.10 Blame Game**

This tactic has been used by the manufacturers when they are confronted with evidence of failures during international conferences and meetings. The manufacturers will normally put the blame for the failure on their local vendors, such as for not understanding the correct design method or for incorrectly installing the non-standard system.

However, when the matter was referred to the local vendors later, some of the sales engineers defended themselves by saying that the design was made by the manufacturers since this design was done by software which only the manufacturers had. Alternatively, sales engineers might put the blame on a third party who did the installation.

### **5.11 Poor quality construction material**

Most lightning strike damages do not have burnt marks on them. The sales engineer would put the blame for the lightning strike damages on the quality of cement used in the making of the roof structure.

---

<sup>33</sup> Malaysian Institute of Nuclear Technology.

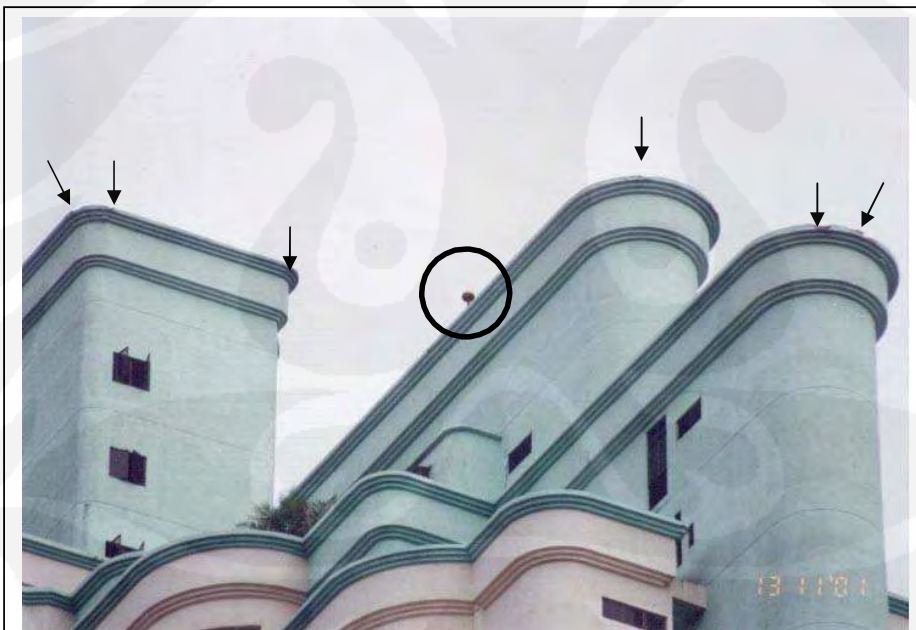


However, they were unable to cite any report made by the construction industry or by expert civil engineers to support their claim. (They were also reluctant to put their allegations in writing when challenged to do so, perhaps out of fear of being ridiculed by the civil and construction engineering community.)

### 5.12 Building defects

Some lightning strike damages (a.k.a. bypasses) occur during a period of heavy rain or at night and this event usually go un-noticed by the building owner if the debris did not cause any secondary damages. Since the customer had no clues as to what had caused the damages at the roof, the sales engineer had taken that opportunity to deny that the building had been struck by lightning and put the blame on simple building defects.

For example, the Villa Putri apartment building had been struck by lightning several times since it was completed in 1995. This building had been the subject of a scientific paper published in 2000 and was known to both the ESE manufacturer and local vendor. However, the sales engineer had succeeded in assuring the customer that the damages were nothing more than building defects and that the ESE air terminals were functioning normally. In 2002, the customer was still receiving reports from the ESE vendor that indicated no bypasses had occurred.



The Villa Putri apartment building in Kuala Lumpur was damaged (arrowed) by lightning at 7 different places on the roof. In spite of this building being a subject in a conference paper in 2000, the sales engineer still informed the building manager in 2002 that the building was free from lightning strike damages. One of the two Australian ESE air terminals can be seen above (circled).

**CHECKLIST FOR SYSTEM 3000 DYNASPHERE TERMINAL**

*File - Electrical Checklist*

Item No.	Building Name	Date of Visit	Height	No. of Strikes	No. of Bypass	Year of Operation	Endorsed by Bldg. Manager	Endorsed by Elect. Service Engineer
1.	Villa Putri Condo, Jalan Tun Ismail, Kuala Lumpur.	08/04/02	154m	CHECKED = 12  CHECKED = 0	0	1995	[Signature] Boarding Manager Villa Putri Condominium Jalan Tun Ismail 50440 Kuala Lumpur Tel: 03-40443253 Fax: 03-40443255	

GLOBAL LIGHTNING TECHNOLOGIES (M) SDN. BHD.  
 CO. NO. 03258319  
 NO. 38, JALAN T3 B10, TAMAN INDUSTRI SURANG  
 47510 SURANG JAYA, PETALING JAYA  
 TEL NO: 03 5837 0816, 5838 9230, 6036 9824  
 FAX NO: 03 5837 0816  
 E-Mail: glt@gltd.com.my

ATTN: MR. RAEMI  
 FROM: DARUL KEM  
 F.Y.I.

The report submitted by the sales engineer in 2002 that show that the Villa Putri building was free from bypasses (circled) even though it had seven such bypasses since 2000.

### 5.13 Discrediting scientific works

This method was carried out by the sales engineers around 1998 when UMIST published a high voltage test report that discredited the ESE air terminal. The sales engineers alleged that the experiment was rigged by the academics and that resulted in the ESE air terminal performing poorer than the Franklin rod. However, such tactics failed as other universities and laboratories obtained similar results that discredit the claims made for the ESE air terminals.

Earlier in 1995, the ESE vendors also attempted to discredit our photographs which had been submitted to CIGRE. They had alleged that the buildings had been struck by lightning before the ESE air terminals were installed. However, western academics had defended our photographs since they were familiar with the subject. In 1999, we submitted the “before” and “after” event photographs in our report<sup>34</sup> to the NFPA to show indisputable proof that the ESE air terminals had failed to protect the buildings they were installed on.

Similar attempts were made to discredit our photographs since 1993 and they were more successful at this with the local populace.

<sup>34</sup> Hartono, Z. A., and Robiah, I., “A Long Term Study on the Performance of Early Streamer Emission Air Terminals in a High Isokeraunic Region”, Report submitted to the Third Party Independent Evaluation Panel on the Early Streamer Emission Lightning-Protection Technology, National Fire Protection Association (USA), February 1999



**BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
BALAI BESAR METEOROLOGI DAN GEOFISIKA  
WILAYAH II CIPUTAT**

BMKG

Jl. H. Abdulgani No. 05, Kampung Bulak, Cempakutih, Ciputat Timur, Po. Box: 39/15412  
Telepon : (021) 7402739, 7444338- Facsimile: (021) 7426485, E\_mail : bawil2@bmg.go.id

**DATA JUMLAH HARI GURUH (IKL)**

Stasiun  
Stasiun

: Meteorologi Curug  
: 96739

Koordinat : 6° 14' LS - 106° 39' BT  
Elevasi : 46 meter

Tahun : 2008

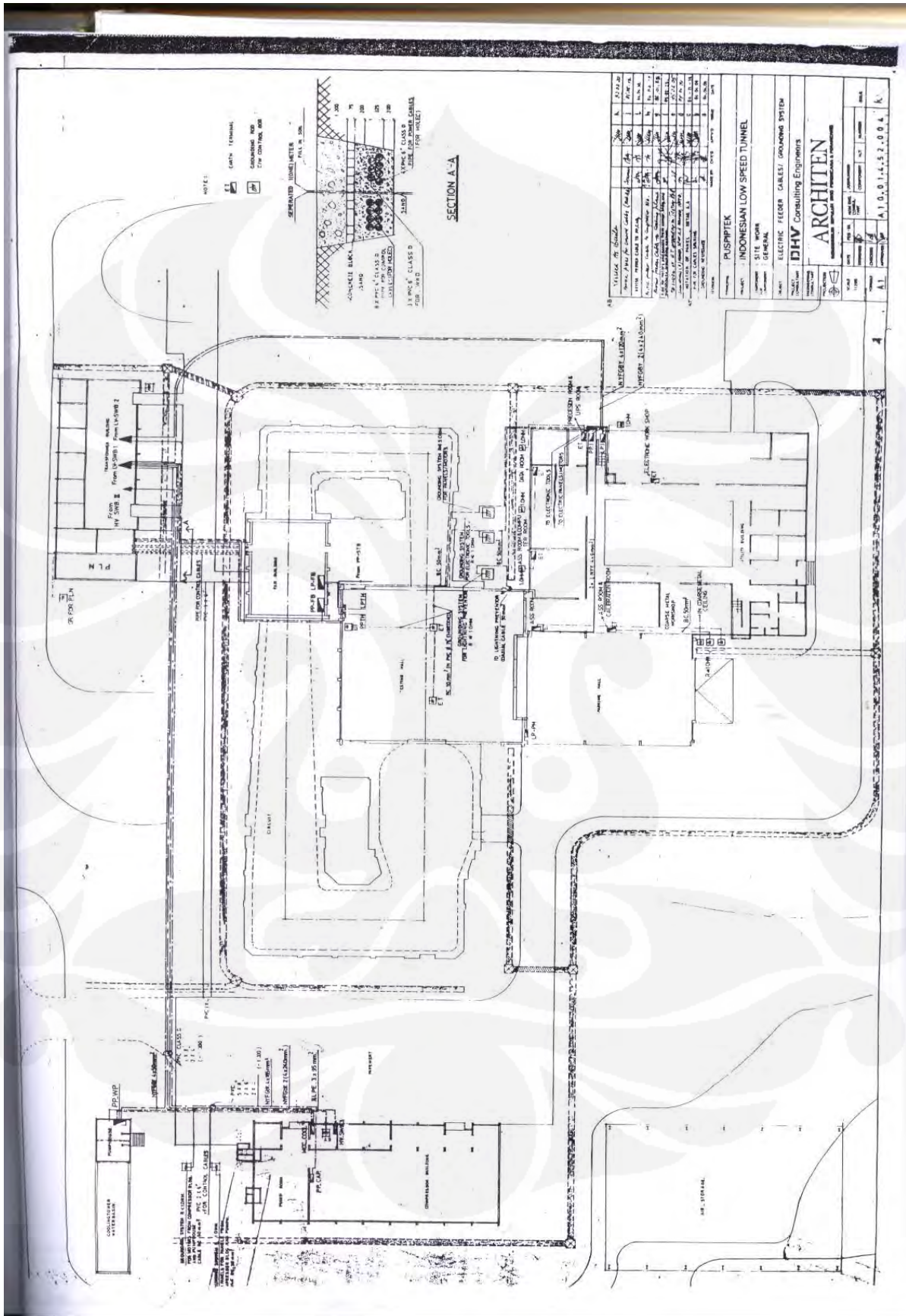
No	Bulan	Guruh	Jumlah Hari
1	Januari	64	18
2	Februari	40	12
3	Maret	69	20
4	April	85	21
5	Mei	35	14
6	Juni	29	12
7	Juli	6	2
8	Agustus	40	11
9	September	12	9
10	Oktober	48	20
11	Nopember	68	18
12	Desember	22	12

Tahun : 2009

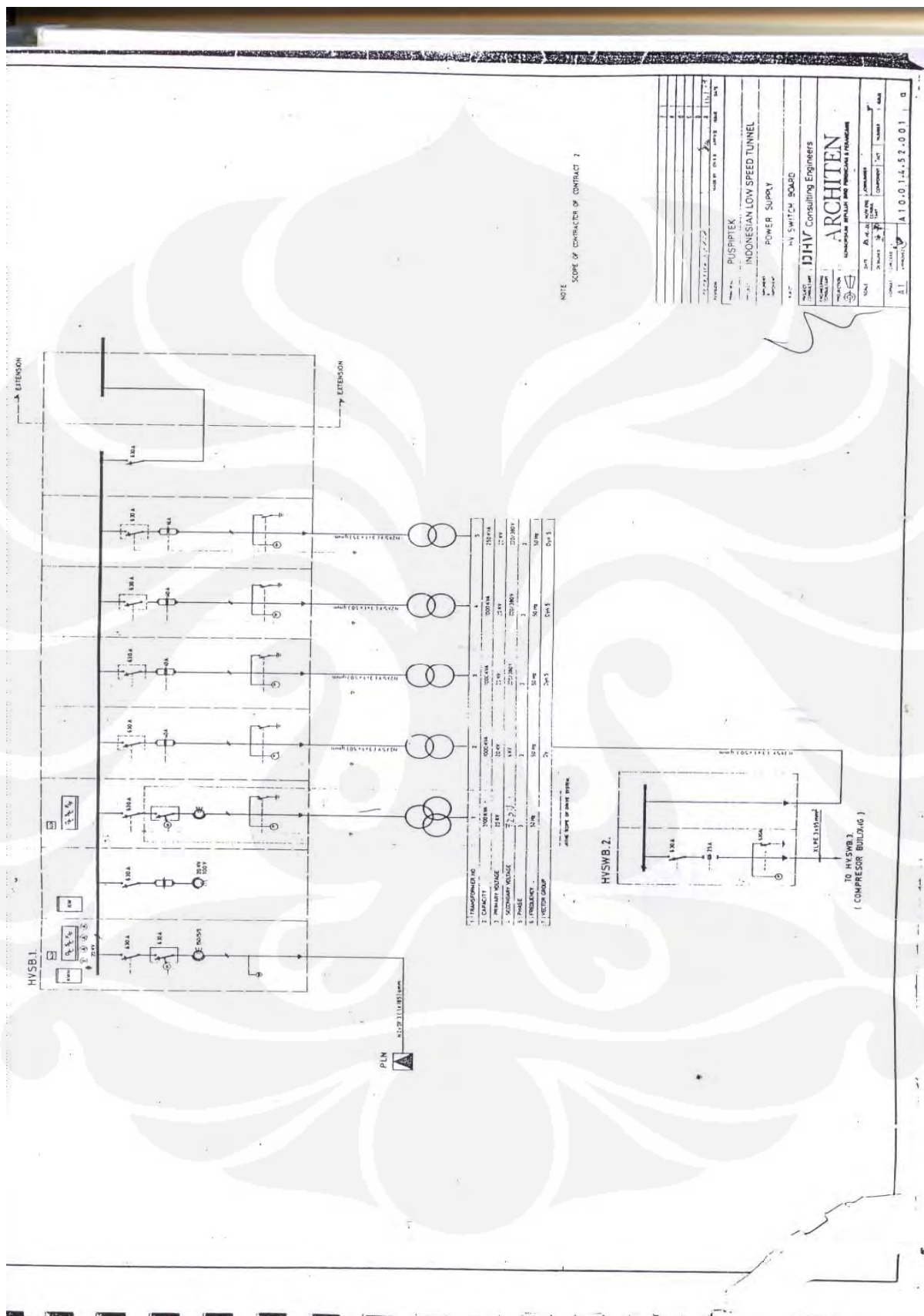
No	Bulan	Guruh	Jumlah Hari
1	Januari	33	13
2	Februari	34	10
3	Maret	68	23
4	April	74	21
5	Mei	67	18
6	Juni	51	18
7	Juli	15	5
8	Agustus	3	1
9	September	0	0
10	Oktober	0	0
11	Nopember	0	0
12	Desember	0	0





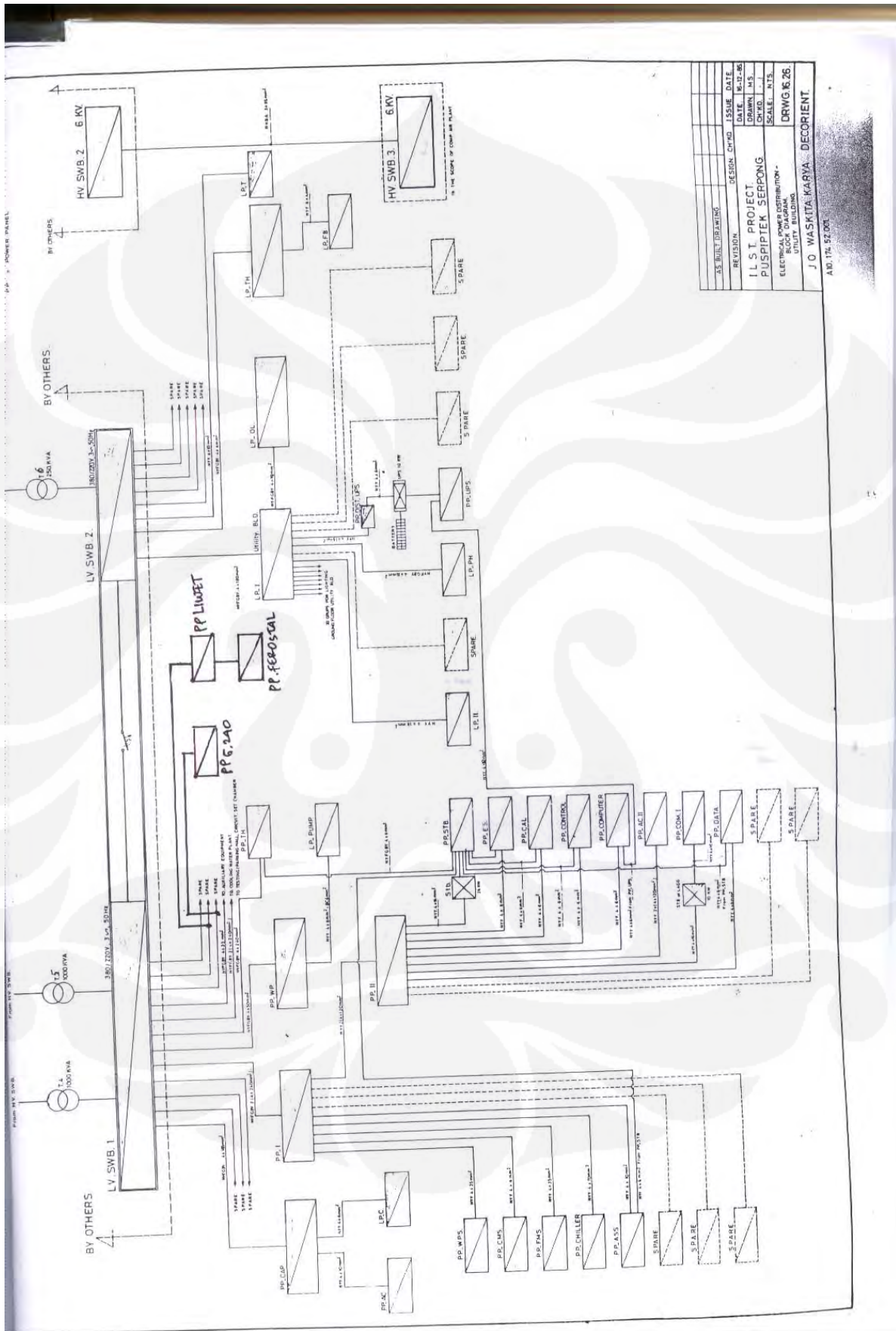


Optimalisasi sistem..., Asep Dadan Hermawan, FT UI, 2010









Optimalisasi sistem..., Asep Dadan Hermawan, FT UI, 2010





# LUMBUNG KARUNIA

## KONTRAKTOR - SUPPLIER

Jl. Ir. H. Juanda Komplek Ruko Mitra Bekasi Blok A 1 No. 10  
Lantai 3 - Bekasi Timur Tlp. (021) 8810565 Fax. (021) 8810565

8201175

Jakarta, 21 Juli 2009

Nomor Penawaran:

70/LK/VII/2009

Kepada Yth:

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
UPT - LAGG Sub Bid Operasi & Perawatan  
Kawasan Puspitak Serpong  
Telp. 021 - 758 0902/ Fax. 021 - 758 0901

UP : Eng. Eddy Koeshartoyo, ST

Perihal : Pemilihan Pemasangan Penangkal Petir

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan permintaan Bapak/ tentang perihal diatas bersama ini kami sampaikan penawaran harga sebagai berikut:

No.	Spesifikasi Produk	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
				Rp	Rp
1	Pengadaan Penangkal Petir Mark: SKYLANDE, Type: SL - 85 Radius Proteksi 112 Meter	1	unit	37,602,600	37,602,600
2	Lightning Spike Counter Mark: SKYLANDE, Type: SC -101	1	unit	7,482,300	7,482,300
Sub Total Penawaran				Rp	45,084,900
PPN 10%				Rp	4,508,490
<b>TOTAL PENAWARAN</b>				Rp	<b>49,593,390</b>

### Kondisi Penawaran

1. Masa Berlaku Penawaran:  
15 (lima belas) hari kalender sesudah penawaran dibuat.
2. Harga Penawaran:  
Harga sewaktu-waktu dapat berubah tanpa pemberitahuan terlebih dahulu.  
Valid dengan nilai kumulatif maksimum 1 EURO = Rp. 14.400,-
3. Cara Pembayaran:  
DP 50% pada saat PO, 50% satu minggu setelah tukar faktur.
4. Status: Stand Ready.
5. Masa Garansi:  
Garansi atas produk selama 12 (dua belas) bulan semenjak produk diterima.

Demikian penawaran harga ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih



Ttd. [Signature]  
Direktur

0818109863



# LUMBUNG KARUNIA

## KONTRAKTOR - SUPPLIER

Jl. Ir. M. Juanda Komplek Ruko M.tu Bekasi Blok A 1 No. 10  
Lantai 3 - Bebas Tunggul Tlp. (021) 8310565 Fax. (021) 8810565

Jakarta, 21 Juli 2009

Nomor Penawaran:

69/LK/VII/2009

Kepada Yth:

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
UPT - LAGG Sub Elék Operasi & Perawatan  
Kawasan Puspituk Sepong  
Telp. 021 - 756 1332 Fax 021 - 756 0901

UP : Bpk. Mery Kristiawan, ST  
Perihal : Penawaran Pemasangan Perangkat Pelin.

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan permintaan Bapak tertung perihal diatas bersama ini kami sampaikan penawaran harga sebagai berikut:

No	Spesifikasi Produk	Jumlah	Setuan	Harga Satuan Rp	Harga Total Rp
1	Material Instalasi dan Pemasangan	1	lot		
	<i>C/W:</i>				
	Tiang penyangga tinggi 6 m (pipa GIPI)	1	unit	6.900,000	6.900,000
	Kabel penghantar NYY 1x70 mm <sup>2</sup>	50	mtr	100,000	5.000,000
	Arde/ Grounding pentanahan max 1 Ohm	1	set	2.500,000	2.500,000
	Bak control beton 40x40x40 cm	1	set	2.200,000	2.200,000
	Material bantu kerja & Accessories	1	lot	1.500,000	1.500,000
				Rp 22,100,000	
				Rp 2,210,000	
					Rp 24,310,000

### Kondisi Penawaran:

- Masa Berlaku Penawaran:  
15 (lima belas) hari kalender semenjak penawaran dibuat.  
Valid dengan nilai kurs maksimum 1 EURO = Rp. 14.400,-
- Waktu Pekerjaan:  
estimasi ± 10 (sepuluh) hari kerja  
25 (dua puluh lima) minggu setelah PO dan DP kami terima.
- Masa Garansi:  
Garansi atas produk selama 12 (dua belas) bulan semenjak produk diterima.

Demikian penawaran harga ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih

Hormat kami



*[Signature]*  
Tri Ardisuseno  
Direktur



GRP	URT	JENIS PEKERJAAN	SAT	H.BAHAN	UPAH	H.JADI
		3 x 240 mm <sup>2</sup>	m'	1,440,000.00		1,440,000.00
		3 x 300 mm <sup>2</sup>	m'	1,680,000.00		1,680,000.00
		3 x 400 mm <sup>2</sup>	m'	2,160,000.00		2,160,000.00
		N2XSEFGbY 12/20 (24) Kv				
		3 x 25 mm <sup>2</sup>	m'	420,000.00		420,000.00
		3 x 35 mm <sup>2</sup>	m'	456,000.00		456,000.00
		3 x 50 mm <sup>2</sup>	m'	540,000.00		540,000.00
		3 x 70 mm <sup>2</sup>	m'	660,000.00		660,000.00
		3 x 95 mm <sup>2</sup>	m'	816,000.00		816,000.00
		3 x 120 mm <sup>2</sup>	m'	978,000.00		978,000.00
		3 x 150 mm <sup>2</sup>	m'	1,126,800.00		1,126,800.00
		3 x 185 mm <sup>2</sup>	m'	1,320,000.00		1,320,000.00
		3 x 240 mm <sup>2</sup>	m'	1,640,400.00		1,640,400.00
		3 x 300 mm <sup>2</sup>	m'	1,968,000.00		1,968,000.00
		3 x 400 mm <sup>2</sup>	m'	2,400,000.00		2,400,000.00
	f.	KABEL PLN (TWISTED CABLE ALUMINIUM)				
		1 2 x 16 mm2	m'	11,200.00		11,200.00
		2 4 x 16 mm2	m'	16,900.00		16,900.00
		3 4 x 25 mm2	m'	23,500.00		23,500.00
		4 3 x 35 + 25 mm2	m'	23,500.00		23,500.00
		5 3 x 70 + 50 mm2	m'	27,500.00		27,500.00
III.		PEMASANGAN PENANGKAL PETIR				
		1 EF. Lighting terminal radius > 110 m2	unit	13,600,000.00		13,600,000.00
		2 Connecting sleeve	bh	326,000.00		326,000.00
		3 EF. Coaxial cable	m'	326,000.00		326,000.00
		4 Surge arresters merk Soule PM 65 Tetra Res-3 phs	bh	4,565,000.00		4,565,000.00
		5 Surge arresters merk Soule PM 15 Tetra Res-3 phs	bh	2,400,000.00		2,400,000.00
		6 Surge arresters merk Soule PM 40 Tetra Res-3 phs	bh	4,020,000.00		4,020,000.00
		7 Surge arresters merk Soule PM 15 Tetra BL-1 phs	bh	1,168,000.00		1,168,000.00
		8 Grounding terdiril :	m'	308,000.00		308,000.00
		Earth steel coppir rod 5/8"				
		Earth rod compling				
		Earth red clomp				
		Driving TIP				
		Driving Stud				
		9 Indelec Prevelectron 2, type S 4.50 (Max.radius proteksi 110M)	unit	16,000,000.00		16,000,000.00
		10 Grounding system max. 2 Ohm+Box Control uk.40x40x40cm	unit	2,000,000.00		2,000,000.00
		11 Biaya Instalasi	unit	1,500,000.00		1,500,000.00
	b.	PEKERJAAN ARMATURE LAMP, SETARA, INTERLITE, ARTOLITE				
		1 RD 100 E27 + PL E 8 W	Bh	108,353.00		108,353.00
		2 RD 125 E27 + PL E 18 W	Bh	128,824.00		128,824.00
		3 RD 150 E27 + PL E 18 W	Bh	143,765.00		143,765.00
		4 RD 125 PL 9 W	Bh	149,412.00		149,412.00
		5 RD 150 PL 9 W	Bh	164,353.00		164,353.00
		6 RD 225 Horizontal 2XPL 9W Grill	Bh	397,647.00		397,647.00
		7 RD 300 2XPL 9 W	Bh	422,235.00		422,235.00
		8 CD 4 R PL 9 W	Bh	194,941.00		194,941.00
		9 CD 5 Horizontal PL 9 W AP	Bh	263,647.00		263,647.00
		10 CD 6 Horizontal PL 9 W AP	Bh	283,294.00		283,294.00
		11 RD 125 PLC 13W	Bh	156,706.00		156,706.00
		12 RD 150 PLC 18W	Bh	175,529.00		175,529.00
		13 RD 175 PLC 26W	Bh	192,824.00		192,824.00
		14 RD 225 PLC 26W	Bh	270,000.00		270,000.00
		15 RD 225 Horizontal 2XPLC 18W Grill	Bh	421,412.00		421,412.00
		16 MRD 200 2 PLC 18W Glass	Bh	343,765.00		343,765.00
		17 MRD 200 2 PLC 18W Cross	Bh	337,529.00		337,529.00
		18 RDC 4 EL Halogen 50W/12V	Bh	216,235.00		216,235.00
		19 RDC 4 R Halogen 50W/12V	Bh	234,118.00		234,118.00
		20 RD 2-1 Halogen 50W/12V	Bh	182,706.00		182,706.00
		21 RWL 2-1 R Halogen 50W/12V	Bh	221,882.00		221,882.00
		22 RWL 3-1 R Halogen 50W/12V	Bh	224,706.00		224,706.00
		23 RWL 5 C Halogen 50W/12V	Bh	316,588.00		316,588.00