

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP  
GANGGUAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALA,  
SUDUT PROTEKSI, DAN BOLA BERGULIR YANG DIAPLIKASIKAN  
PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO  
KAMPUS II ITN MALANG**

**SKRIPSI**

*Disusun Oleh:*

**HANDI MUHAEMIN  
NIM : 00.12.133**

**MARET 2006**

---

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP GANGGUAN  
PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALA, SUDUT PROTEKSI  
DAN BOLA BERGULIR YANG DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG  
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG**

**SKRIPSI**

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat Guna  
Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh :**

**HANDI MUHAEMIN  
NIM. 0012133**

**Diperiksa dan Disetujui**

**Dosen Pembimbing**



**(Ir. F Yudi Limpraptono, MT)**  
Nip. Y 1039500274

**(Ir. Teguh Herbasuki, MT)**  
Nip. Y 1038900209

**PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*When god give us life he goes serveral new door ways for us serveral paths to choose from serveral way to go he also give us the wisdom to discern right from wrong to make dication and to think to seek light when it is dark to find happiness in time in sorrow he give us the power to pick up people a long the way to make a special place for them in our hearts shere our live*

*Bila akal mengajakmu berbicara dengarkanlah apa yang dikatakannya maka engkau akan diselamatkan. manfaatkan ucapannya maka engkau akan menjadi manusia yang bersenjata. biarkan akal bukan rangsangan yang menjadi petunjuk jalan tapi ingatlah walaupun akal berpihak padamu ia tidak akan berdaya tanpa bantuan pengetahuan. Sedikit pengetahuan yang digunakan untuk berkarya sungguh sangat berharga dari pada banyak pengetahuan yang disimpan saja*

*Kupersembahkan skripsi ini kepada:*

- Bapak dan ibu tersayang  
*Terima kasih atas segala pengertian dan kasih sayang yang sangat berharga di dalam hidupku*
- Kakak dan adik-adikku  
*Terima kasih atas motivasinya*
- Istriku Yulindha Dwi Andriani  
*Terima kasih atas motivasi, pengertian dan cinta kasih yang kau berikan pada diriku*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di jurusan Teknik Elektro Energi Listrik Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Abraham Lomi, MSEF; selaku rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Muchtar Asroni, MSME; selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT; selaku ketua jurusan teknik elektro ITN Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT; selaku Dosen Pembimbing.
5. Rekan-rekan Teknik Elektro angkatan 2000.

Kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran kami terima dengan senang hati.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dalam memperkaya ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu kelistrikan.

Malang, Maret 2006

Penyusun

---

## ABSTRAKSI

ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP GANGGUAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALA, SUDUT PROTEKSI DAN BOLA BERGULIR YANG DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN

MALANG

( Handi Muhaemin, 00.12.133, Teknik Energi Listrik, 60 Hal. )  
( Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT )

Kata kunci : Sistem proteksi petir

Sistem proteksi petir terdiri dari proteksi eksternal, sistem pembumian dan proteksi internal. penentuan terminasi udara menggunakan tiga metode yaitu metode jala, sudut proteksi dan bola bergulir makalah ini menjelaskan tentang aplikasi ketiga metode tersebut pada gedung laboratorium elektro kampus II ITN Malang hasil yang di peroleh dari analisa tentang gedung tersebut menunjukkan bahwa metode sudut proteksi secara teknis dan ekonomis lebih efektif dibanding dengan metode jala dan bola bergulir, dan dari hasil analisa perhitungan berdasarkan PUIPP, NFPA dan IEC pada gedung laboratorium elektro kampus II ITN Malang sangat memerlukan suatu sistem Proteksi penangkal petir.

---

## DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Metodologi Pembahasan.....	4
1.6. Relevansi.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL DAN INTERNAL.....	7
2.1. Teori Dasar Umum.....	7
2.2. Teknik Penangkal Petir.....	9
2.2.1. sistem Penangkal Petir.....	9
2.2.2. Dissipation Array System (DAS).....	9
2.3. Penangkal Petir Eksternal.....	10
2.3.1. Pengadaan Susunan Finial Penangkal Petir.....	10

---

2.3.2.	Pengadaan Sistem Penyalur Arus Petir.....	12
2.3.3.	Pembuatan Sistem Pengetanahan .....	12
2.3.3.1.	Pengetanahan Batang Vertikal(Grounding Rod).....	13
2.3.3.2	Pengetanahan Kisi-Kisi(Grounding Grid) .....	16
2.4.	Penangkal Petir Internal.....	19
2.5.	Sistem Perlindungan Peralatan(Penangkal Petir).....	20
 <b>BAB III DASAR ANALISA DAN METODE PEMBAHASAN .....</b>		<b>21</b>
3.1.	Teori Dasar Khusus .....	22
3.2.	Analisa Metode.....	35
3.2.1.	Metode Jala .....	35
3.2.2.	Metode Sudut Proteksi .....	36
3.2.3.	Metode Bola Bergulir .....	37
3.3	Pengadaan sistem penyalur arus .....	38
3.4	Flowchart Metode Jala.....	40
3.5	Flowchart Metode Sudut Proteksi .....	41
3.6	Flowchart Metode Bola Bergulir.....	42
 <b>BAB IV Analisa Sistem Proteksi Eksternal Pada Gedung Laboratorium</b>		
	Teknik Elektro Kampus II ITN Malang .....	43
4.1.	Data Yang Diperoleh .....	43
4.2.	Analisa Data .....	44
4.2.1.	Analiasa Dengan Metode Jala.....	48
4.2.1.1.	Menghitung Cepat Rambat Gelombang.....	48
4.2.1.2	Menghitung Pentanahan Pada metode Jala. ....	49
4.2.1.3	Perhitungan Biaya Ekonomis .....	49
4.2.1.3.1	Down Konduktor.....	49
4.2.1.3.2	Grounding.....	50
4.2.2.	Analiasa Dengan Metode sudut Proteksi .....	52
4.2.2.1.	Menghitung Cepat Rambat Gelombang.....	52

---

4.2.2.2 Menghitung Pentanahan Pada Metode Sudut Proteksi.....	53
4.2.2.3 Perhitungan Biaya Ekonomis .....	53
4.2.2.3.1 Finial.....	53
4.2.2.3.2 Down Konduktor.....	53
4.2.2.3.3 Grounding.....	54
4.2.3. Analisa Dengan Metode Bola Bergulir.....	56
4.2.3.1. Menghitung Cepat Rambat Gelombang.....	57
4.2.3.2 Menghitung Pentanahan Pada Metode Bola Bergulir.....	57
4.2.3.3 Perhitungan Biaya Ekonomis .....	58
4.2.3.3.1 Finial.....	58
4.2.3.3.2 Down Konduktor.....	58
4.2.3.3.3 Grounding.....	58
 BAB V KESIMPULAN .....	 60
5.1. Kesimpulan.....	60

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2 - 1 Penanaman Satu Batang Elektroda Pengetanahan .....	14
2 - 2 Penanaman Dua Batang Elektroda Pengetanahan .....	15
2 - 3 Distribusi Tegangan Dan Arus Pengetanahan Grid.....	17
3 - 1 Metode Jala .....	35
3 - 2 Metode Sudut Proteksi.....	36
3 - 3 Metode Bola Bergulir .....	37
3 - 4 Flowchart Metode Jala .....	40
3 - 5 Flowchart Sudut Proteksi.....	41
3 - 6 Flowchart Bola Bergulir .....	42
4 - 1 Konstruksi Bangunan Dengan Metode Jala.....	47
4 - 2 Konstruksi Bangunan Dengan Metode Sudut Proteksi .....	51
4 - 3 Konstruksi Bangunan Dengan Metode Bola Bergulir .....	55

---

## DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
3 - 1 Indeks A Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan .....	22
3 - 2 Indeks B Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan .....	23
3 - 3 Indeks C Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan.....	23
3 - 4 Indeks D Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan .....	24
3 - 5 Indeks E bahaya Berdasarkan Hari Guruh.....	24
3 - 6 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP.....	25
3 - 7 Indeks A Jenis Struktur.....	26
3 - 8 Indeks B Jenis Konstruksi.....	27
3 - 9 Indeks C Lokasi Bangunan.....	28
3 -10 Indeks D Topografi.....	28
3 -11 Indeks E Penggunaan Dan Isi Bangunan.....	29
3 -12 Indeks F Isokeraunik Level.....	30
3 -13 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan NFPA.....	30
3 -14 Efisiensi Sistem Proteksi Petir .....	32
3 -15 Penempatan Terminasi Udara Sesuai Tingkat Proteksi.....	32
3 -16 Radius Daerah Proteksi.....	33
3 -17 Sudut Proteksi .....	33
3 -18 Jumlah Hari Guruh.....	34
4 - 1 Data Hasil Perhitungan .....	59

---

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

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

Petir merupakan kejadian alam di mana terjadi loncatan muatan listrik antara awan dengan bumi. Loncatan muatan listrik tersebut diawali dengan mengumpulnya 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 60 °F dan temperatur bagian atas sekitar - 60 °F. 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 di kenal sekarang ini terjadi akibat awan dengan muatan tertentu menginduksi muatan yang ada di bumi. Bila muatan di dalam awan bertambah besar, maka muatan induksi pun makin besar pula sehingga beda potensial antara awan dengan bumi juga makin besar. Kejadian ini diikuti pelopor menurun dari awan dan diikuti pula dengan adanya pelopor menaik dari bumi yang mendekati pelopor menurun. Pada saat itulah terjadi apa yang dinamakan petir.

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.

Pada gedung bertingkat, efek gangguan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya bangunan tersebut. Kebutuhan bangunan akan proteksi petir ditentukan dengan klasifikasi area tempat bangunan dan peralatan yang ada di dalam gedung, kerusakan akibat dari sambaran petir langsung dapat merusak jaringan listrik dan peralatan elektronik yang lebih sensitif yang berada di dalam gedung seperti instalasi komputer, perangkat telekomunikasi, sistem kontrol, alat-alat pemancar dan instrument serta peralatan elektronisensitif lainnya untuk mengatasi masalah ini maka perlindungan yang sesuai harus diberikan dan dipasang pada peralatan atau instalasi terhadap bahaya sambaran petir maupun induksinya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Hal yang paling mendasar dari seluruh Sistem proteksi, berhubungan dengan proteksi gedung bertingkat. Salah satu komponen kunci dari sistem yang lain adalah mengenai penempatan terminal udara ( air terminal ) pada bangunan. Dan kemampuan terminal udara dalam fungsinya sebagai penangkal petir sangat penting untuk melindungi seluruh peralatan elektronik yang ada didalam bangunan.

Beranjak dari permasalahan diatas, maka penulis mencoba mengajukan skripsi dengan judul:

**"ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP GANGGUAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALA, SUDUT PROTEKSI DAN BOLA BERGULIR YANG DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG"**

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

- a. Menentukan letak terminal udara / penangkal petir sebagai sistem proteksi eksternal gedung bertingkat dengan menggunakan metode mesh, sudut proteksi dan bola bergulir
- b. Mengetahui struktur jaringan terminal udara yang melindungi gedung bertingkat.
- c. Membahas masalah biaya dalam pemasangan terminal udara.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah yang ada, maka diambil batasan masalah sebagai berikut:

- a. Tidak membahas masalah peralatan - peralatan yang ada di dalam gedung atau bangunan.
- b. Tidak membahas konstruksi gedung bertingkat secara mendetail.
- c. Tidak membahas tentang tegangan sentuh dan tegangan langkah.
- d. Tahanan jenis tanah sama secara mendetail.
- e. Hanya membahas metode jala, sudut proteksi, dan bola bergulir bersama dengan sistem penyaluran arus petir dan pengetanahannya.

#### **1.5 Metodologi Pembahasan**

Metodologi yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah:

1. Jurnal , buku-buku referensi diperoleh dari konsep dasar sistem proteksi dan dari pencarian data melalui internet dengan alamat situs-situs yang berkaitan dengan sistem proteksi petir.
2. Studi lapangan, disertai pengumpulan data-data pada instansi yang terkait seperti BMG ( Badan Meteorologi dan Geofisika).

Bentuk data yang diambil dan digunakan:

- Data kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk perhitungan guna penentuan letak titik proteksi. (data hari guruh, data spesifikasi terminal udara / penangkal petir)

- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk gambar / bagan perencanaan sudut proteksi.
- 3 Melakukan perhitungan-perhitungan berdasarkan data-data yang didapatkan.

### **1.6 Relevansi**

Dari ketiga metode yang digunakan sebagai acuan penentuan titik proteksi eksternal, akan diperoleh titik penentuan sistem proteksi dan jumlah terminal udara atau penangkal petir yang harus dipasang hingga nantinya dapat memberikan gambaran sekaligus kerangka acuan dalam perencanaan sistem proteksi eksternal yang akurat dan andal

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan skripsi ini terdiri dari 5 Bab yaitu:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada Bab I ini Berisi latar belakang masalah perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, Metode pembahasan, Relevansi dan sistematika pembahasan.

#### **BAB II SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL**

Pada Bab II ini membahas tentang susunan final penangkal petir, pengadaan sistem penyaluran arus petir, pembuatan sistem pentanahan

### **BAB III DASAR ANALISA DAN METODE PEMBAHASAN**

Pada Bab III ini membahas tentang perhitungan sistem penyalur arus petir, pengetanahan dan analisa dasar tentang metode jala, sudut proteksi dan bola bergulir.

### **BAB IV ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG**

Analisa perhitungan berdasarkan pada data yang diperoleh

### **BAB V PENUTUP**

Berisikan kesimpulan dari skripsi ini yang dapat diambil dari hasil analisa

## BAB II

### SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL DAN INTERNAL

#### 2.1 Teori Dasar Umum

Proses terjadinya awan bermuatan ini akan semakin sering jika semakin dekat ke katulistiwa yang berudara lembab. Semakin banyak terbentuknya awan bermuatan akan semakin tinggi jumlah sambaran petir yang terjadi. Jumlah sambaran ini sering disebut juga sebagai jumlah *HARI-GURUH PER TAHUN (thunderstormdays)*.

Dari pengalaman bertahun-tahun para peneliti petir telah menunjukkan bahwa sistem proteksi petir yang didasarkan pada sistem proteksi eksternal dan internal yang klasik, misalnya seperti yang diberikan pada standard DIN VDE 0185, sudah tidak memadai lagi untuk sistem yang rumit dan menggunakan banyak fasilitas jaringan telekomunikasi yang padat seperti pabrik, pusat komputer dan pembangkit listrik. Standar yang konvensional hanya menentukan komponen secara sendiri-sendiri (individual), seperti finial, down conductor, sistem pengetanahan, sistem penyama tegangan (Equipotential Bonding - EB), pembatasan medan, atau pembatasan gelombang berjalan pada hantaran.

Ada satu referensi umum untuk semua peraturan yang berlaku pada bidang teknik telekomunikasi, misalnya pada standar Jerman DIN VDE 0800 dan DIN VDE 0845. Standar ini pun belum tentu sesuai dengan standar lainnya, karena

itu suatu metode telah dikembangkan untuk memungkinkan perencanaan suatu sistem proteksi yang bisa mengintegrasikan seluruh individual sistem tersebut.

Proteksi petir untuk instalasi telekomunikasi pada dasarnya adalah masalah Electromagnetic Compatibility - EMC. Peralatan elektronik harus tahan terhadap gangguan dari induksi dan konduksi petir pada akibat sambaran langsung atau sambaran dekat dan bahkan tidak boleh "upset" atau terputusnya komunikasi.

Untuk mengintegrasikan seluruh sistem proteksi tersebut, dikenal istilah Lighting Protection Zones (LPZ) yang telah digunakan sebagai standar di Hankam milik Jerman. Prinsipnya adalah sistem proteksi dibagi menjadi beberapa bagian dengan intersection yang jelas antara masing-masing zone. Untuk daerah proteksi, kondisi elektromagnetik dapat didefinisikan, misalnya besarnya medan lisirik dan medan magnet akibat pengaruh petir atau besarnya tegangan lebih yang berjalan pada hantaran yang memasuki daerah tersebut. Dan besaran dapat ditentukan ukuran hantaran dari karakteristik alat proteksi yang dibutuhkan.

Metode ini telah dibahas untuk dijadikan sebagai standar pada International Electrotechnical Commission (IEC) TC 81. LPZ ini dimulai dari Zone 0, daerah yang memungkinkan terjadinya sambaran petir (LEMP) langsung, yaitu:

1. Arus transient akibat sambaran petir langsung.
2. Arus transient yang mengalir melalui hantaran
3. Medan elektromagnetik akibat sambaran langsung atau sambaran dekat.

Model ini dapat dikembangkan untuk proteksi akibat tegangan lebih, akibat proses switching (SEMP) di dalam industri, sehingga proteksi yang lengkap bisa diperoleh.

Mengingat kerusakan akibat sambaran petir yang cukup berbahaya, maka munculah usaha-usaha untuk mengatasi sambaran petir. Teknik penangkal petir pertama kali ditemukan oleh Benyamin Franklin dengan menggunakan interseptor (terminal udara) yang dihubungkan dengan konduktor metal ke tanah. Teknik ini selanjutnya terus dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang efektif.

## **2.2 Teknik Penangkal Petir**

### **2.2.1 Sistem Penangkal Petir**

Sistem ini menggunakan ujung metal yang runcing sebagai pengumpul muatan dan diletakkan pada tempat yang tinggi sehingga petir diharapkan menyambar ujung metal tersebut terlebih dahulu. Sistem ini memiliki kelemahan di mana apabila sistem penyaluran arus petir ke tanah tidak berfungsi baik, maka ada kemungkinan timbul kerusakan pada peralatan elektronik di dalam gedung yang sangat peka terhadap medan transien.

### **2.2.2 Dissipation Array System (DAS)**

Sistem ini menggunakan banyak ujung runcing (point discharge) di mana tiap bagian benda yang runcing akan memindahkan muatan listrik dari benda itu sendiri ke molekul udara di sekitarnya. Sistem ini mengakibatkan turunnya beda

lindung finial terpasang, dengan demikian akan dapat diperkirakan pula resiko yang timbul.

Finial mendatar biasa digunakan pada bangunan atap datar dengan menggunakan penghantar yang dipasang mendatar, dengan menggunakan atap bangunan atau atap tangki suatu kilang minyak. Konsepsi yang diterapkan adalah konsepsi sangkar Faraday. Hal yang perlu diperhatikan jika atap tangki yang berisi bahan mudah meledak akan digunakan sebagai finial adalah ketentuan bahwa atap tangki tidak ada kemungkinan gas buang atau gas yang keluar dan pada atap tangki tidak ada kemungkinan ceceran bahan mudah meledak, atap tangki tidak memiliki lubang-lubang atau hubungan pelat-pelat, atap benar-benar dapat dijamin konduksinya yang baik, dan hal yang paling penting bahwa kenaikan temperatur pelat atap karena tersambar petir tidak mencapai temperatur nyala dari bahan bakar isi tangki, ada 3 metode yang digunakan untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi ketiga metode tersebut adalah:

- Metode jala, metode ini digunakan untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar karena bisa melindungi seluruh permukaan bangunan. Daerah yang diproteksi adalah keseluruhan daerah yang ada didalam jala-jala ukuran jala sesuai tingkat proteksi yang dipilih
- Pada metode sudut proteksi diatas, tiang ( penangkal petir ) dipasang finial pada setiap bagian dari struktur gedung bertingkat untuk melindungi bagian gedung tersebut berdasarkan sisi dari kubah kerucut. Nilai sudut ( $\alpha$ ) tergantung pada tinggi relatif puncak tiang ( penangkal petir) hingga

permukaan udara/alas kerucut (  $h$  ), sebagai acuan gunakan derajat perlindungan (level I - IV).

- Metode Bola bergulir cocok untuk struktur bangunan yang kompleks. Dasar pertimbangannya adalah radius (  $R$  ) pada bola bergulir, ditanah, sekitar bangunan dan diatas struktur bangunan. Untuk memperoleh titik perlindungan diudara, pemasangan tiang ( penangkal petir ) berdasarkan dari titik bola bergulir berhenti.

### **2.3.2 Pengadaan Sistem Penyaluran Arus Petir**

Arus sambaran petir yang mengenai finial harus secara cepat dialirkan ke tanah dengan pengadaan sistem penyaluran arus petir melalui jalan terpendek. Dimensi atau luas penampang, jumlah dan rute penghantar ditentukan oleh kuadrat arus impuls sesuai dengan tingkat perlindungan yang ditentukan serta tingginya arus puncak petir. Resiko bahaya yang dapat ditimbulkan dari penyaluran arus petir ini terutama adalah adanya induksi elektromagnetik pada peralatan elektronik di dalam bangunan.

### **2.3.3 Pembuatan Sistem Pengetanahan**

Sistem pentanahan berfungsi sebagai sarana mengalirkan arus petir yang menyebarkan ke segala arah ke dalam tanah. Hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan sistem pentanahan adalah tidak timbulnya bahaya tegangan langkah dan tegangan sentuh. Kriteria yang dituju dalam pembuatan sistem pentanahan adalah bukan rendahnya harga tahanan tanah akan tetapi dapat dihindarinya

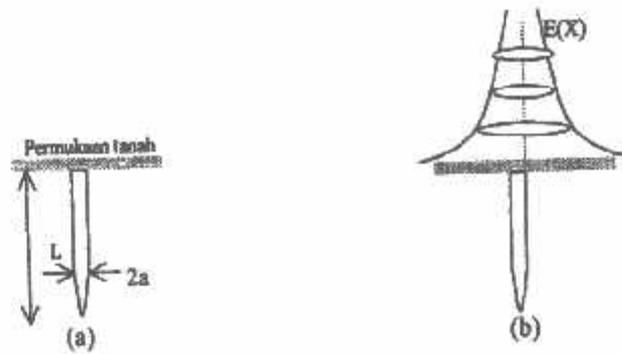
bahaya seperti tersebut di depan. Selain itu sistem pentanahan sangat menentukan rancangan sistem penangkal petir internal, semakin tinggi harga tahanan pengetanahan akan semakin tinggi pula tegangan pada penyama potensial (potential equalizing bonding) sehingga upaya perlindungan internalnya akan lebih berat.

### **2.3.3.1 Pengetanahan Batang Vertikal (*Grounding Rod*)**

Tujuan dari pengetanahan batang vertikal (rod) adalah untuk memperoleh tahanan tanah yang rendah sehingga dapat memungkinkan gangguan yang terjadi, dengan cepat dapat terdistribusi ke tanah. Jika dengan satu batang elektroda pengetanahan vertikal masih diperoleh tahanan tanah yang rendah dan diharapkan distribusi tegangan yang terjadi lebih merata. Nilai tahanan tanah pada pengetanahan peralatan yang ada di dalam gedung harus diperhitungkan dengan cermat. Karena kenaikan gradien tegangan akibat arus gangguan tanah sebanding dengan tahanan tanah. Pengetanahan batang elektroda vertikal dibedakan menjadi

#### **a. Penanaman Satu Batang Elektroda Tegak Lurus Permukaan Tanah**

Satu batang elektroda berbentuk silinder yang mempunyai panjang  $L$  dan berdiameter  $2a$  (jari-jari =  $a$ ) ditanam tegak lurus permukaan tanah seperti terlihat pada gambar 2 – 1 (a) dan distribusi tegangan yang terjadi disekitar satu batang elektroda pengetanahan pada kondisi gangguan tanah seperti terlihat pada gambar 2 – 1 (b)



Gambar 2 – 1 Penanaman satu batang elektroda pengetanahan dan distribusi tegangannya

Keterangan :

- $2a$  = Diameter konduktor pengetanahan
- $L$  = Panjang konduktor pengetanahan
- $E_x$  = Tegangan antara elektroda dengan tanah

Besar tahanan dari suatu batang elektroda yang ditanam tegak lurus kedalam tanah dapat ditentukan dengan persamaan (Benson, R U, IEEE, No. 9 October 1982 : 4022)

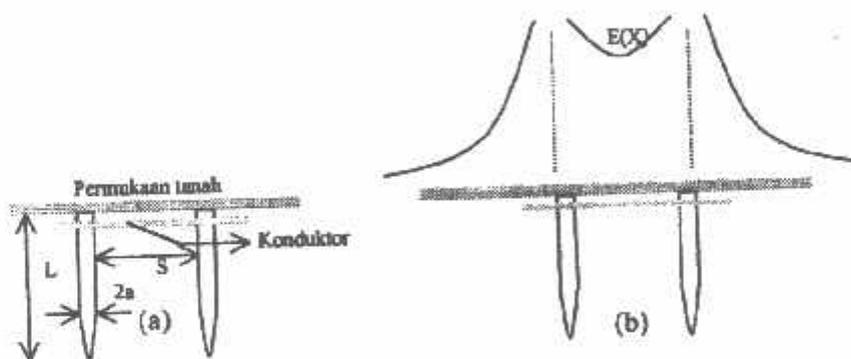
$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \dots\dots\dots (2 - 1)$$

Dimana

- $R$  = Tahanan satu batang elektroda (Ohm)
- $L$  = Panjang batang elektroda dalam tanah (m)
- $a$  = Jari-jari batang elektroda (m)
- $\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-m)

### b. Penanaman Dua Batang Elektroda Tegak Lurus Permukaan Tanah

Dengan menggunakan asumsi yang sama seperti pada penanaman satu batang elektroda pengetanahan, yaitu bentuk elektroda pengetanahan berbentuk silindris dengan panjang  $L$ , berdiameter  $2a$  dan jarak antara kedua elektroda adalah  $S$ . Maka penanaman dua batang elektroda tegak lurus permukaan tanah dan distribusi tegangannya seperti terlihat pada gambar 2 - 2



Gambar 2 - 2. Penanaman dua batang elektroda pengetanahan dan distribusi tegangannya

Keterangan :

$2a$  = Diameter konduktor pengetanahan

$L$  = Panjang konduktor pengetanahan

$E_x$  = Tegangan antara elektroda dengan tanah

$S$  = Jarak antar elektroda

1. Untuk S lebih kecil dari L

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

2. Untuk S lebih besar dari L

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \left( \ln \frac{4L}{a} - l \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left( l - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^3} \right) \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana

R = Tahanan dua batang elektroda yang ditanam tagak lurus permukaan tanah

(Ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-m)

L = Panjang batang elektroda dalam tanah (m)

A = Jari-jari batang elektroda (m)

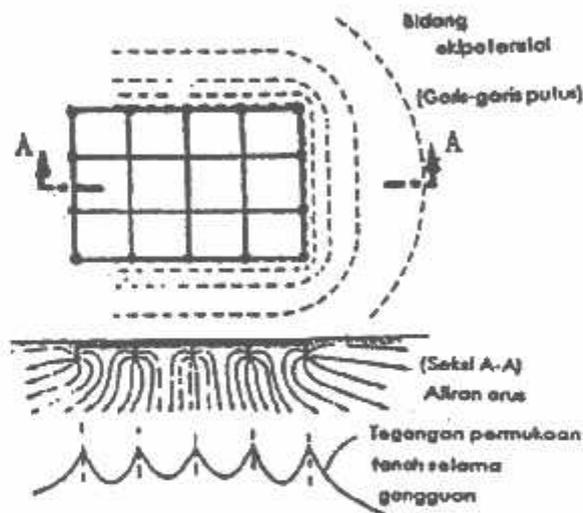
S = Jarak antara batang elektroda (m)

Dengan semakin banyaknya batang-batang elektroda yang ditanam akan didapatkan distribusi tegangan dalam tanah yang lebih merata. Tahanan pengetanahan untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus permukaan tanah

### 2.3.3.2 Pengetanahan Kisi-kisi (*Grounding Grid*)

Pengetanahan kisi-kisi tidak sama dengan pengetanahan batang vertikal, walaupun demikian didalam mencari besar tahanan pengetanahan antara pengetanahan kisi-kisi dan pengetanahan batang vertikal saling berhubungan, perbedaannya hanya terletak cara penanaman batang elektroda pengatanahan. Pengetanahan kisi-kisi dilakukan dengan cara menanam batang elektroda yang sejajar dengan permukaan tanah, dan elektroda-elektroda tersebut dihubungkan

satu sama lainnya sehingga membentuk mata jala (*mesh*). Pengetanahan kisi-kisi dilakukan untuk mengatasi gradien tegangan yang tidak merata pada permukaan tanah. Distribusi tegangan untuk pengetahuan grid yang paling sederhana pada suatu gardu induk adalah seperti pada gambar 2-3.



Gambar 2-3. Distribusi tegangan dan arus sekitar pengetanahan grid

Dari gambar diatas tampak bahwa makin banyak elektroda pengetanahannya, maka distribusi tegangan yang terjadi semakin merata dan sebaliknya jika jarak elektroda semakin jauh, maka distribusi tegangan yang terjadi semakin tidak merata.

#### a. Batang Elektroda Ditanam Sejajar Permukaan Tanah

Penanaman batang elektroda yang sejajar permukaan tanah dimaksudkan untuk memperoleh tahanan pengetanahan yang sekecil mungkin dengan legangan permukaan tanah yang merata. Dengan menggunakan persamaan yang

dikembangkan oleh Schwart, maka tahanan pengetanahan dari batang elektroda yang ditanam sejajar permukaan tanah adalah (ANSI Std 80-1986 : 83)

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left[ \ln \left( \frac{2L}{h'} \right) + K_1 \left( \frac{1}{\sqrt{A}} \right) - K_2 \right] \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana

- L = Panjang total elektroda pengetanahan (m)
- $h'$  =  $\sqrt{d \cdot h}$ , untuk konduktor yang ditanam pada kedalaman h (m) atau
- $h'$  = 0,5 d untuk h = 0 (konduktor pada permukaan tanah)
- h = Kedalamam konduktor yang ditanam dari permukaan tanah (m)
- D = Diameter batang elektroda (m)
- A = Luas daerah pengetanahan ( $m^2$ )
- $\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-m)

## 2.4 Penangkal Petir Internal

Implementasi konsepsi penangkal petir internal pada dasarnya adalah upaya menghindari terjadinya beda potensial pada semua titik di instalasi atau peralatan yang diproteksi di dalam bangunan. Langkah-langkah yang dapat dilakukan merupakan integrasi dari sarana penyama potensial, pemasangan arestor tegangan dan arus, perisai dan filter. Biaya investasi yang diperlukan untuk pengadaan penangkal petir internal adalah sangat besar karena berbagai mekanisme dapat menyebabkan terjadinya beda potensial di dalam peralatan yang diproteksi yang dapat berupa propagasi tegangan lebih melalui saluran telepon, antena, supply daya listrik, penyetanahan dan berbagai induksi elektromagnetik. Upaya minimalisasi biaya dapat dilakukan dengan langkah pendefinisian Zoning Area proteksi dan terutama dengan upaya mengurangi menjadi sekecil mungkin semua arus atau tegangan impuls petir yang menjalar ke dalam bangunan dan instalasi. Pengalaman menunjukkan bahwa dengan upaya maksimal dalam penyempurnaan penangkal petir eksternal dan penerapan perisai akan dapat memperkecil biaya penangkal petir internal. Khusus pengadaan sistem proteksi petir untuk instalasi eksplosif, mudah meledak, terdapat tiga utama yang harus diperhatikan sebagai berikut:

- a. Aspek pengaruh luar, yang dalam hal ini adalah aspek kejadian sambaran petir. Upaya pengamanan yang harus dilakukan adalah mencegah terjadinya percikan busur listrik, di dekat atap bangunan, di dalam bangunan yang dilindungi dan di sistem pengetanahannya. Cara yang dapat diterapkan adalah pembenaran susunan finial, penyaluran arus petir dan pengetanahan dan penghubungannya serta mencegah terjadinya mekanisme "Faraday Hole".
- b. Aspek operasional, yang dalam hal ini menyangkut masalah mixture bahan-bahan gas yang sangat menentukan temperatur, tegangan dan energi penyaluannya.
- c. Aspek Kemampuan Internal, yang dalam hal ini upaya meningkatkan kemampuan internal instalasi, misalnya tanki, yang memiliki ketahanan lebih tinggi dan mampu mengeliminasi akibat yang terjadi jika ternyata ada kegagalan dan upaya dua aspek di atas.

## **2.5 Sistem Perlindungan Peralatan (Penangkal Petir)**

Sistem proteksi yang dibutuhkan berkaitan erat dengan konsep zone atau induksi yang mungkin timbul diakibatkan dari petir itu sendiri dan keinginan untuk memperoleh data petir akan terpenuhi dengan semakin banyaknya dana dan daya yang diarahkan ke permasalahan petir. Di samping itu pemahaman tentang masalah atau pengaruh yang ditimbulkan perlu ditingkatkan sehingga usaha perlindungan yang dilakukan dapat maksimal. Sistem perlindungan yang diaplikasikan pada instalasi yang sudah dibangun akan menjadi lebih mahal.

**BAB III**  
**DASAR ANALISA DAN METODE PEMBAHASAN**

**3.1 Teori Dasar Khusus**

**Konsep Daerah Proteksi (LPZ) dan Tingkat Proteksi (PL)**

Untuk sistem yang rumit umumnya digunakan Metode Bola bergulir (Rolling Sphere Method) untuk menentukan letak finial. Dengan demikian ada daerah yang kemungkinan mendapatkan sambaran petir langsung (LPZ 0), juga ada daerah yang tidak akan mendapat sambaran langsung karena terproteksi oleh finial (LPZ O/E), maka dapat ditentukan klasifikasi dari daerah proteksi dan tingkat proteksi, misalnya untuk pusat komputer. Hantaran yang datang dari LPZ 0 masuk ke LPZ 1 harus dihubungkan dengan alat proteksi yang sesuai dilengkapi dengan Equipotential Bonding (EB).

Berdasarkan PUIPP besarnya kebutuhan bangunan untuk penangkal petir ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan disuatu lokasi di rumuskan sebagai berikut

$$R = A + B + C + D + E \dots\dots\dots (3-1)$$

A = Bahaya berdasarkan jenis bangunan

B = Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan

C = Bahaya berdasarkan tinggi bangunan

D = Bahaya berdasarkan situasi bangunan

E = Bahaya berdasarkan Hari guruh

Table 3.1 Indeks A: Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang digunakan misalnya dangau di tengah sawah atau ladang , menara, atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi peralatan yang sehari-hari atau tempat tinggal misalnya rumah tinggal, industri kecil, dan stasiun kereta api	1
Bangunan dan isinya cukup penting misalnya menara air, toko barang-barang berharga dan kantor pemerintahan	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang misalnya bioskop, sarana ibadah, sekolah dan monumen bersejarah yang penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak dapat terkendali bagi sekitar misalnya instalasi nuklir	15

Tabel 3.2 Indeks B: Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

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

Tabel 3.3 Indeks C: Bahaya berdasarkan tinggi bangunan

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

Tabel 3.4 Indeks D: Bahaya berdasarkan situasi bangunan

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

Tabel 3.5 Indeks E: Bahaya Berdasarkan Hari Guruh

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

Tabel 3.6 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP

<b>R</b>		<b>Perkiraan Bahaya</b>	<b>Pengamanan</b>
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

Cara penentuan yang digunakan pada standart NFPA 780 hampir sama dengan cara yang digunakan pada PUIPP yaitu dengan menjumlahkan indeks yang mewakili keadaan lokasi bangunan kemudian hasil penjumlahan dibagi dengan indeks yang mewakili isokeraunic level didaerah secara matematik yang dirumuskan sebagai berikut

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F} \dots\dots\dots (3.2)$$

- A = Jenis struktur
- B = Jenis konstruksi
- C = Lokasi bangunan
- D = Topografi
- E = Penggunaan dan isi bangunan
- F = Isokeraunic level

Tabel 3.7 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 <sup>2</sup>	3
- - melingkupi area lebih dari 2323 m <sup>2</sup>	5
Perumahan kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter	4
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi lebih dari 46 meter	8
Kantor pelayanan milik pemerintah misalnya pemadam kebakaran, kantor polisi, dan perusahaan air minum	7
Hanggar pesawat terbang	7
Pembangkit listrik dan sentral telepon	8
Menara air dan cooling tower	8
Perpustakaan, museum dan bangunan bersejarah	8
Bangunan pertanian	9
Tempat berenang di daerah rekreasi	9
Bangunan yang berisi banyak orang misalnya sekolah, tempat ibadah, bioskop dan stadion olahraga	9
Struktur yang ramping dan tinggi misalnya cerobong asap, menara pengawas dan mercusuar	10
Rumah sakit penampungan para lansia dan penyandang cacat	10
Bangunan tempat membuat dan penyimpanan bahan berbahaya misalnya zat kimia	10

Tabel 3.8 Indeks B: Jenis Konstruksi

<b>Kerangka struktur</b>	<b>Jenis atap</b>	<b>Indeks B</b>
Bukan logam	Kayu	5
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak terhubung	4
	Logam terhubung secara elektrik	1
Kayu	Kayu	5
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak terhubung	4
	Logam terhubung secara elektrik	2
Beton bertulang	Kayu	5
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak terhubung	4
	Logam terhubung secara elektrik	1
Kerangka baja	Kayu	4
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak terhubung	3
	Logam terhubung secara elektrik	1

Tabel 3.9 Indeks C: Lokasi Bangunan

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

Tabel 3.10 Indeks D: Topografi

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

Tabel 3.11 Indeks E: Penggunaan dan Isi Bangunan

Penggunaan dan Isi Bangunan	Indeks E
Bahan yang tidak mudah terbakar	1
Perabotan rumah tangga	2
Perlengkapan atau perabotan biasa	2
Ternak peliharaan	3
Bangunan berisi sedikit orang ( kurang dari 50 orang )	4
Bahan yang mudah terbakar	5
Bangunan berisi sedikit 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 sensitif	9
Benda bersejarah	10
Peledak dan bahan pembuatnya	10

Tabel 3.12 Indeks F: Isokeraunic Level

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

Tabel 3.13 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

Berdasarkan standart IEC 1024-1-1 pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir didasarkan pada frekuensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d$ ) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan

frekwensi sambaran petir tahunan setempat ( $N_c$ ) yang di perbolehkan kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur bangunan berada dinyatakan sebagai :

$$N_g = 0,04 IKL^{1,25} /km^2 /tahun \dots\dots\dots (3-3)$$

$N_g$  = Sambaran petir ketanah rata-rata tahunan

$0,04 IKL^{1,25}$  = Hubungan antara kerapatan sambaran petir dengan hari guruh

Dimana IKL adalah Isokeraunik level di daerah tempat struktur yang akan diproteksi

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} /tahun \dots\dots\dots (3-4)$$

$N_d$  = Frekwensi sambaran petir langsung setempat

$N_g$  = Sambaran petir ketanah rata-rata tahunan

$A_e$  = Daerah proteksi

Dimana  $A_e$  adalah cangkupan dari struktur ( $m^2$ ) 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  $N_c$  ( Frekwensi sambaran petir tahunan setempat) dilakukan sebagai berikut :

- Jika  $N_d < N_c$  tidak perlu sistem proteksi petir
- Jika  $N_d > N_c$  diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi
- $E > 1 - \frac{N_c}{N_d}$

Tabel 3.14 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

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

Tabel 3.15 Penempatan Terminasi Udara Sesuai Tingkat Proteksi

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

Tabel 3.16 Radius Daerah Proteksi E.F Lightning Protection System

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

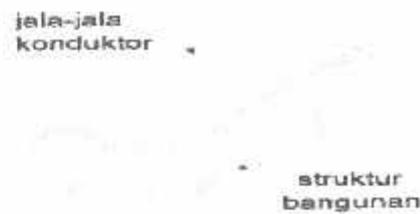
Tabel 3.17 Sudut Proteksi E F Lightning Protection System

Kelas	Sudut Proteksi
I	30°
II	45°
III	60°

Tabel 3.18 Jumlah Hari Guruh Mulai November 2004 – Oktober 2005

<b>Bulan</b>	<b>Jumlah Hari Guruh ( kali )</b>
November	50
Desember	42
Januari	37
Februari	35
Maret	57
April	25
Mei	2
Juni	9
Juli	3
Agustus	0
September	2
Oktober	13

### 3.2.1 Metode Jala (Mesh Size Method)



**Gambar 3.1 Metode Jala (Mesh Size Method)**

Secara umum, Proteksi dengan menggunakan Metode jala-jala dapat diaplikasikan untuk seluruh gedung dan benar-benar cocok untuk perlindungan permukaan udara (atap bangunan). Ukuran dari kotak/konduktor diatas maksimum 10m x 20m (sumber: In the BS 6651 standard ) dan dianjurkan untuk gedung yang strukturnya umum. Lebar konduktor jala-jala ( mesh ) ditetapkan bervariasi dari 5m sampai 20m tergantung pada level perlindungan yang digunakan.

(Sumber: Table 3.14 of the IEC 61024-1 standard)

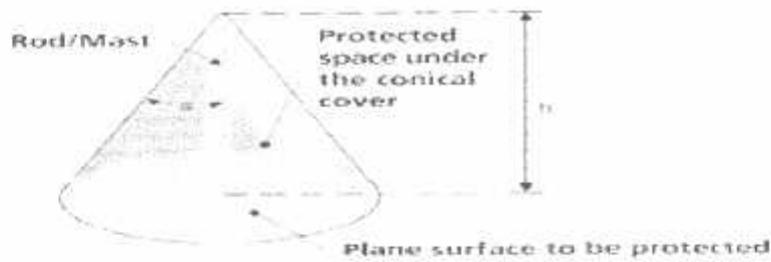
$$R_p(m) = \sqrt{P \times L + (h)^2} \dots\dots\dots (3.5)$$

$h(m)$  = tinggi finial diatas area yang diproteksi

$P(m)$  = Panjang bangunan

$L(m)$  = Lebar bangunan

### 3.2.2 Metode Sudut Proteksi ( Protective Angel Method)



**Gambar 3.2 Metode Sudut Proteksi ( Protective Angel Method)**

Pada metode sudut proteksi diatas, tiang ( penangkal petir ) dipasang sedemikian rupa pada setiap bagian dari struktur gedung bertingkat untuk melindungi bagian gedung tersebut berdasarkan sisi dari kubah kerucut. Nilai sudut ( $\alpha$ ) tergantung pada tinggi relatif puncak tiang ( penangkal petir) hingga permukaan udara/alas kerucut (  $h$  ), sebagai acuan gunakan derajat perlindungan level I — IV. (Sumber: Table 3.14 of the IEC 61024-1 standard)

Menurut rumus yang digunakan dari Franc National Standart NF C 17 – 102, radius proteksi adalah:

$$R_p (m) = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \dots\dots\dots (3-6)$$

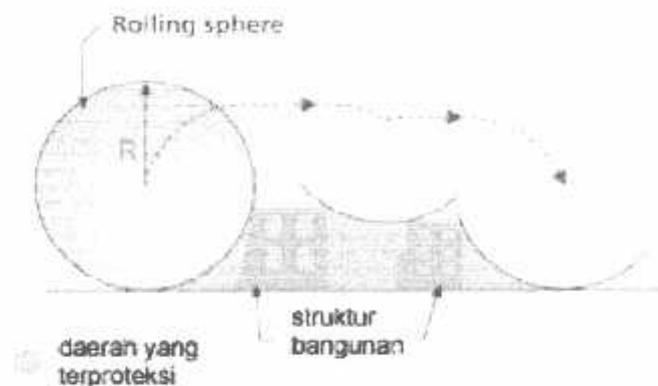
di mana  $h > 5m$

$h (m)$  = tinggi finial diatas area yang diproteksi

$D (m)$  = jarak di dalam nilai 20m, 45m, 60m, tergantung pada level proteksi yang diperlukan

$$\Delta L = 10^6 \Delta T (\mu sec)$$

### 3.2.3 Metode Bola Bergulir ( Rolling Sphere Method)



**Gambar 3.3 Metode Bola Bergulir ( Rolling Sphere Method)**

Metode Bola bergulir cocok untuk struktur bangunan yang kompleks. Dasar pertimbangannya adalah radius ( R ) pada bola bergulir, ditanah, sekitar bangunan dan diatas struktur bangunan. Untuk memperoleh titik perlindungan diudara, pemasangan tiang ( penangkal petir ) berdasarkan dari titik bola bergulir berhenti. Untuk dua buah gedung yang terlihat pada gambar, konduktor (jala-jala ) horizontal harus terpasang sepanjang garis keliling atap, hingga permukaan atap.

$$R = I^{0,75}$$

$$R_p = \sqrt{h} ( 2 \times R - h ) \dots\dots\dots (3-7)$$

h = tinggi bangunan

R = radius

Untuk memenuhi kebutuhan bangunan akan proteksi petir maka digunakan metode jala, sudut proteksi, dan bola bergulir sebagai suatu metode yang akan

diaplikasikan pada gedung laboratorium elektro kampus II ITN dan sebagai analisa perhitungan kebutuhan bangunan akan proteksi petir, standar digunakan adalah: standar Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), National Fire Protection Association (NFPA) 780, dan International Electrotechnical Commission (IEC) 1024-1-1.

### 3.3 Pengadaan Sistem Penyaluran Arus Petir

Apabila suatu gelombang energi listrik merambat sepanjang kawat penghantar dengan konstanta induktansi  $L$  dan kapasitansi  $C$  maka gelombang tersebut merambat dengan kecepatan :

$$v = \frac{x}{t} \text{ cm / dt} \dots\dots\dots (3 - 8)$$

Dan  $v^2 = \frac{1}{LC}$  atau

$$v = \pm \sqrt{\frac{1}{LC}} \text{ cm / dt} \dots\dots\dots (3 - 9)$$

Dimana:

- $v$  = cepat rambat gelombang
- $L$  = induktansi sepanjang kawat penghantar
- $C$  = kapasitansi sepanjang kawat penghantar
- $t$  = waktu yang dibutuhkan untuk merambat sepanjang  $x$  dalam detik
- $x$  = panjang rambatan dalam  $c$

untuk kawat udara dengan jari-jari  $r$  dan tinggi  $h$  diatas tanah maka :

$$l = (1/2 + \ln 2h / r) 10^{-9} \text{ henry/cm} \dots\dots\dots (3 - 10)$$

$$C = \frac{10^{-11}}{18 \ln 2h / r} \text{ farad / cm} \dots\dots\dots (3 - 11)$$

Faktor  $\frac{1}{2}$  dalam persamaan (3 – 10) disebabkan adanya fluks lingkup didalam kawat ( internal flux ) dengan distribusi arus merata. Tetapi pada gelombang berjalan transien skin effect sangat besar sehingga arus berkumpul pada permukaan kawat dengan demikian fluks lingkup dalam sangat kecil dan dapat diabaikan sehingga persamaan (3 – 10) menjadi :

$$L = 2 (\ln 2h / r) 10^{-9} \text{ henry/cm} \dots\dots\dots (3 - 12)$$

Dengan demikian maka :

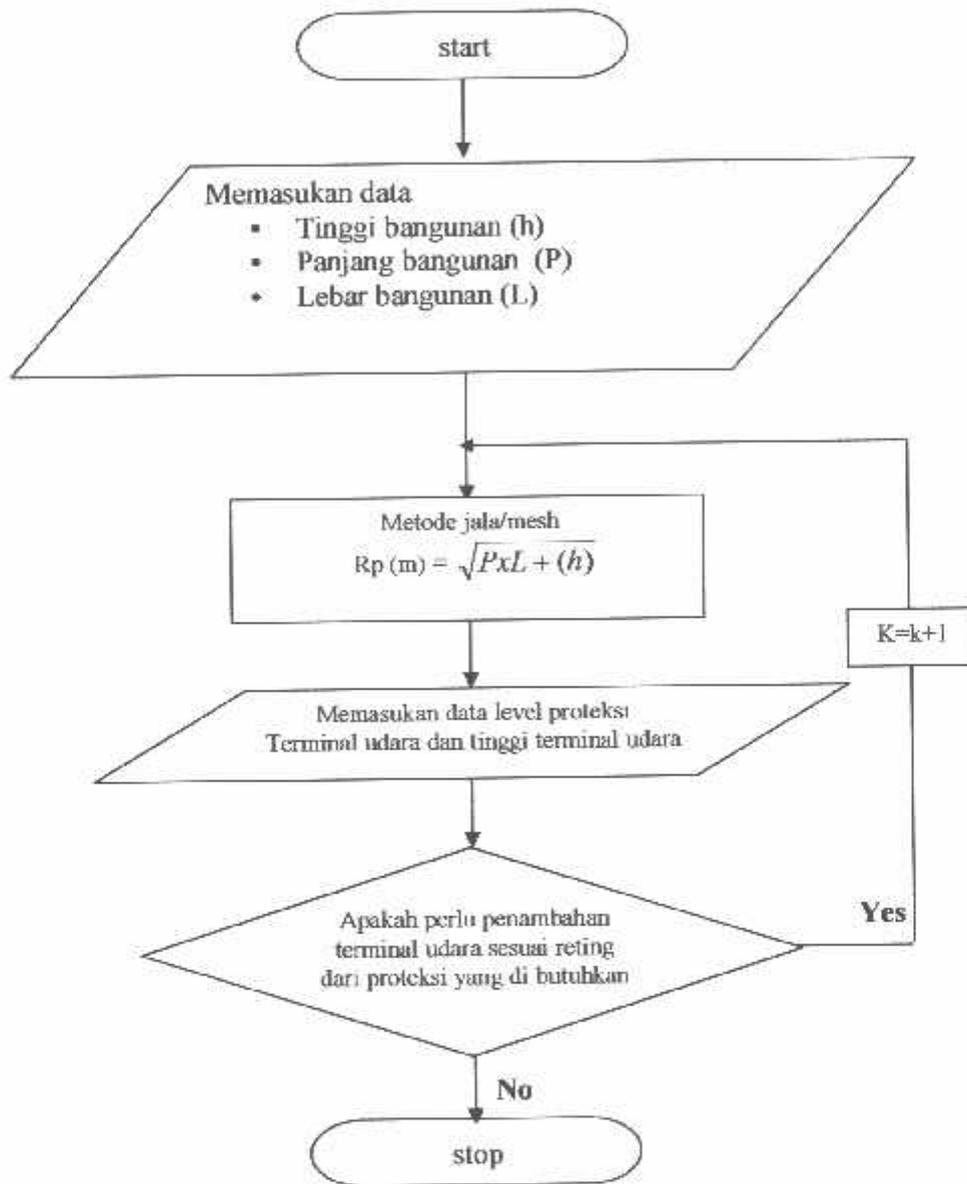
$$v = \frac{1}{LC} \dots\dots\dots (3 - 13)$$

$$= \sqrt{\frac{18(\ln 2h/r)10^{11}}{2(\ln 2h/r)10^{-9}}}$$

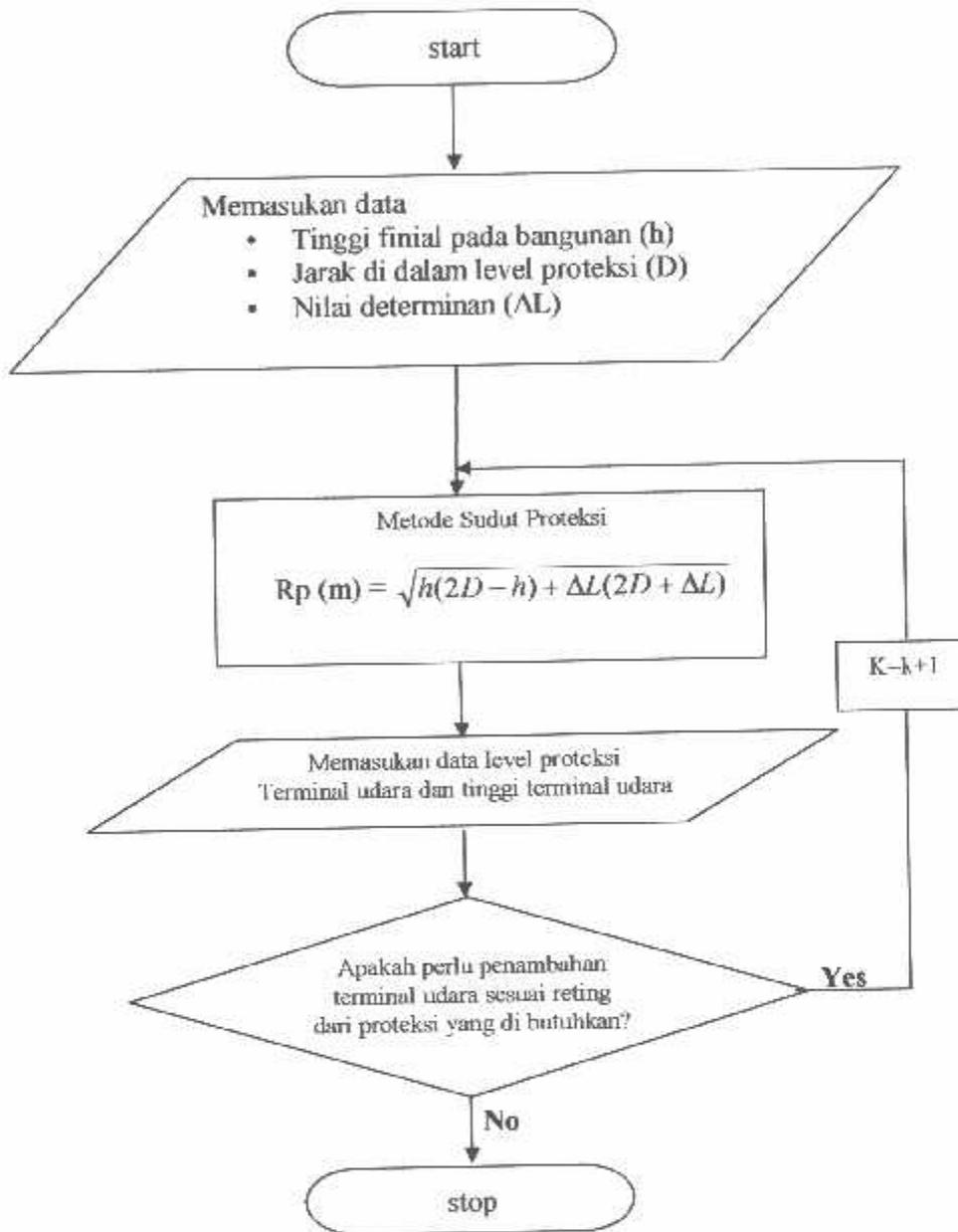
$$= 3 \times 10^{10} \text{ cm/dt}$$

Tampak bahwa kecepatan rambat dari gelombang berjalan pada kawat udara sama dengan kecepatan cahaya pada hampa udara

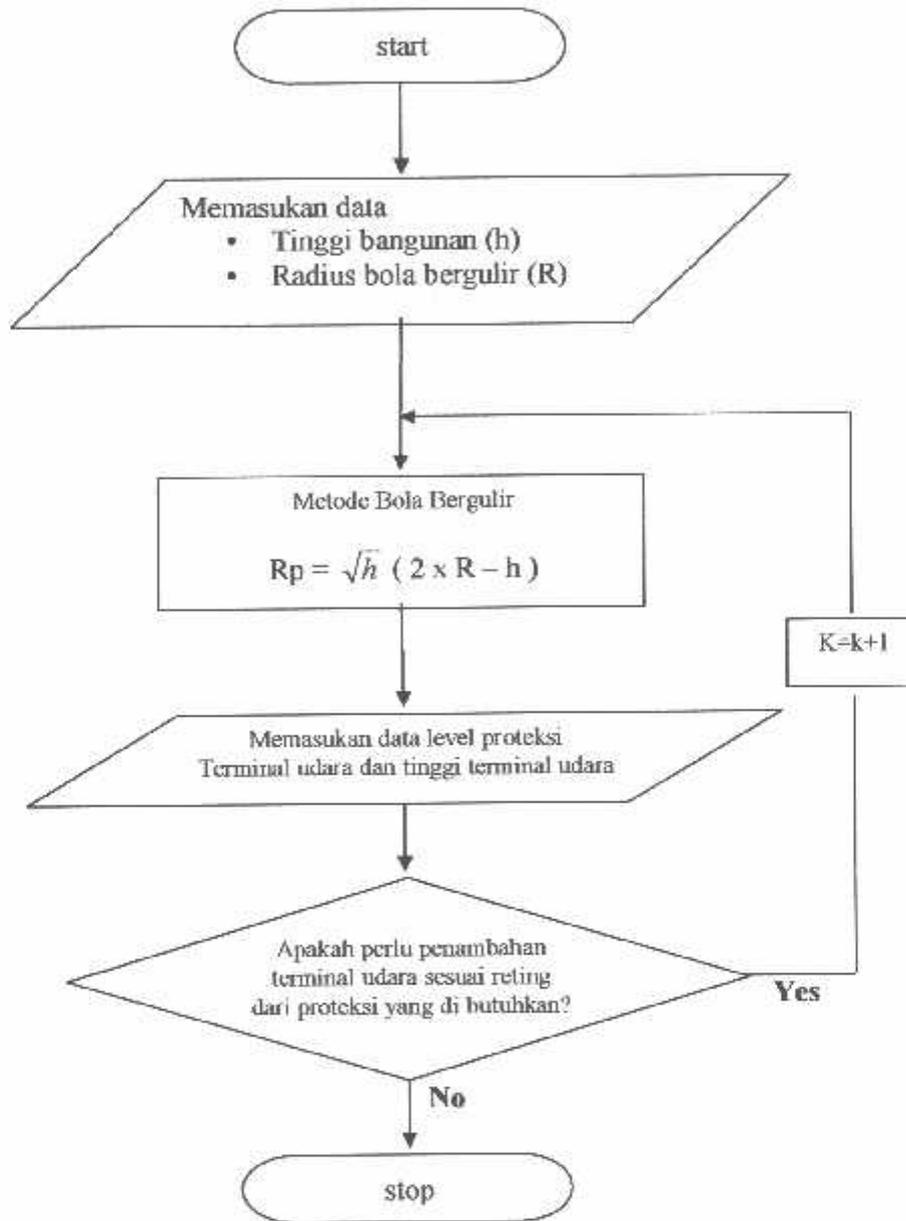
### 3.4 Flowchart Metode Jala/Mesh



### 3.5 flowchart Metode Sudut Proteksi



### 3.6 flowchart Metode Bola Bergulir



**BAB IV**  
**ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL PADA GEDUNG**  
**LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG**

**4.1 Data-data yang diperoleh :**

1. Data bangunan :
  - Panjang bangunan : 45 meter
  - Lebar bangunan : 31,5 meter
  - Tinggi bangunan : 20 meter
  - Penangkal petir : 1 buah (Viking)
  
2. Spesifikasi penangkal petir :
  - Bahan baja galvanis
  - Pipa galvanis 1 inci
  - Pipa galvanis 2 inci
  - Isolator
  - Plat besi
  
3. Spesifikasi konduktor penyalur kebawah :
  - Bahan : kabel BC 35 mm<sup>2</sup>
  - Diameter konduktor penyalur : 1 inch
  - Selubung konduktor penyalur : pipa PVC AW

4. Spasifikasi sistem pembumian

Bahan konduktor pembumian	: copper 35 mm <sup>2</sup>
Panjang konduktor	: 6 meter
Selubung konduktor	: pipa galvanis
Diameter selubung	: 1 inch

5. spesifikasi harga bahan penangkal petir

kabel BC 35 mm <sup>2</sup>	: Rp 68000/kg = 3 meter
pipa galvanis 1 inci	: Rp 31000/meter
pipa galvanis 2 inci	: Rp 63000/meter
Klem kabel	: Rp 2400
Box panel test point grounding	:Rp 23000
Split	: Rp 8000

#### 4.2 Analisa Data

Penentuan kebutuhan bangunan akan proteksi petir berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) dengan menggunakan data hari guruh pada tabel 3.12 dan keadaan lokasi maka untuk gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN Malang diperoleh

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

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

Dengan nilai  $R > 14$  menunjukkan bahwa gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITNsangat memerlukan sistem proteksi petir.

Penentuan kebutuhan bangunan akan proteksi petir berdasarkan National Fire Protection Association ( NFPA ) 780 dengan menggunakan data hari guruh

pada tabel 3.12 dan keadaan lokasi maka untuk gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN Malang diperoleh

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

$$R = \frac{9 + 4 + 5 + 2 + 6}{1} = \frac{26}{1} = 26$$

Dengan nilai  $R > 7$  menunjukkan bahwa gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN sangat memerlukan sistem proteksi petir.

Penentuan kebutuhan bangunan akan proteksi petir berdasarkan International Electrotechnical commission ( IEC ) 1024-1-1 dengan daerah protection (  $A_e$  ) untuk gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN mempunyai ukuran panjang 45 meter, lebar 31,5 meter, dan ketinggian 20 meter adalah:

$$3h = 3 \times 20 \text{ m}$$

$$= 60 \text{ m}$$

$$A_e = P \times L + 6h \times (P + L) + 9 \pi h^2$$

$$= 45 \times 31,5 + 6 \times 20 (45 + 31,5) + 9 \times 3,14 \times 20^2$$

$$= 1417,5 + 120 \times (76,5) + 11304$$

$$= 117618,75 + 11304$$

$$= 128922,75 \text{ m}^2$$

Kerapatan kilat petir ketanah atau kerapatan sambaran petir ketanah rata-rata tahunan (  $N_g$  ) di daerah tempat bangunan berada berdasarkan rumus maka

$$N_g = 0,04 \times \text{IKL}^{1,25} / \text{km}^2 / \text{tahun}$$

$$N_g = 0,04 \times 275^{1,25}$$

$$= 44,8 / \text{km}^2 / \text{tahun}$$

Frekwensi sambaran petir langsung setempat (  $N_d$  ) yang diperkirakan ke struktur yang di proteksi berdasarkan rumus:

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} / \text{tahun}$$

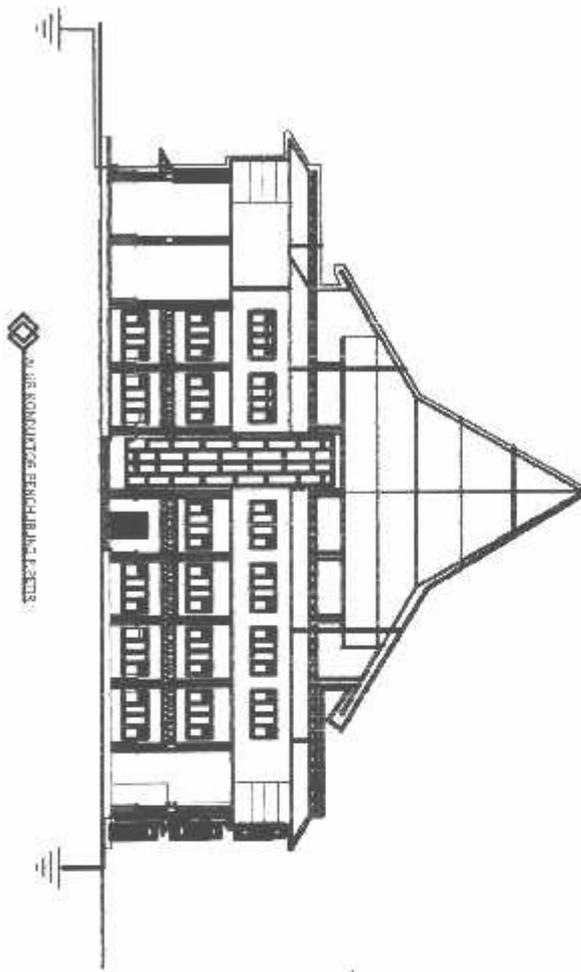
$$N_d = 44,8 \times 119742,75 \times 10^{-6}$$

$$= 5,77 / \text{tahun}$$

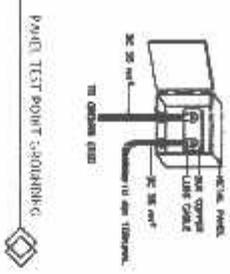
Dari data stasiun Meteorologi dan Geofisika Karang Ploso di dapat nilai frekwensi sambaran petir tahunan setempat (  $N_c$  ) yang diperbolehkan sebesar  $10^{-1} / \text{tahun}$  karena nilai  $N_d$  lebih besar dari nilai  $N_c$  maka diperlukan suatu proteksi petir dengan efisiensi sebesar

$$\begin{aligned} E &= 1 - \frac{N_c}{N_d} = 1 - \frac{0,1}{5,77} \\ &= 1 - 0,0173 \\ &= 0,982 \end{aligned}$$

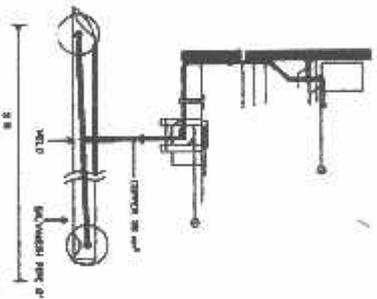
Dengan memperhatikan grafik nilai kritis efisiensi terlihat bahwa nilai tersebut berada pada tingkat proteksi I dengan nilai efisiensi antara 0,80 sampai 0,98 dengan demikian tingkat proteksi yang sesuai untuk gedung tersebut adalah tingkat I Pada gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN akan dilakukan perbandingan untuk mengetahui daerah proteksi dengan menggunakan ketiga metode yang ada yaitu metode jala ( mesh size method ) metode sudut proteksi ( protective method ) dan metode bola bergulir ( rolling sphere method ).



ALAS KONDUKTIF BERKONDUKTIFITAS

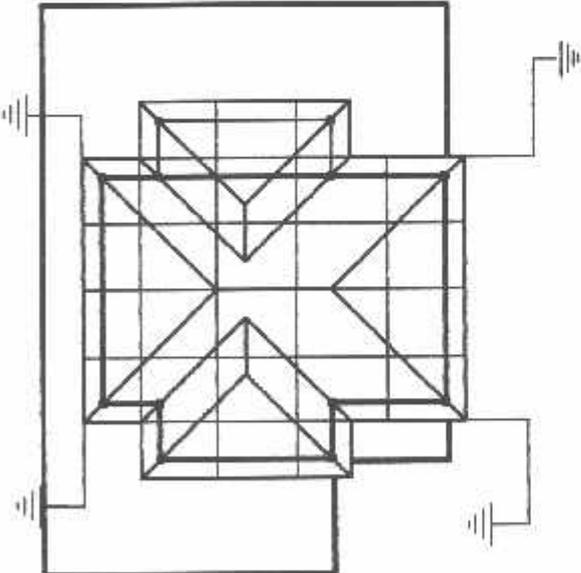


PAJUK TEST POINT CONDUKTIF



GROUND CNB

220 220 225 225 225 225 225 225



220 220 225 225 225 225 225 225

JALAN KONDUKTIF PENCHINING P. P. 10

- METODE TAJA**
- 1. Lebar Jala 5 m
  - 2. Pinali 6x12
  - 3. Bush Grounding 6x12
  - 4. Box Panel Teeth Grounding

#### 4.2.1 Analisa Dengan Metode Jala

Jika metode ini di terapkan pada gedung laboratorium kampus II ITN akan diperoleh lebar jala minimum berdasarkan tabel 3.15 sebesar 5 meter Untuk perhitungan radius proteksi penangkal petir pada metode jala

$$R_p (m) = \sqrt{PxL + (h)}$$

$$\begin{aligned} R_p (m) &= \sqrt{31,5 \times 45 + (26)} \\ &= \sqrt{1417,5 + (26)} \\ &= \sqrt{1443,5} \\ &= 37,99 \text{ m} \end{aligned}$$

##### 4.2.1.1 Menghitung cepat rambat gelombang ketanah

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{35}{3,14}} = 3,33 \text{ mm} = \frac{3,33}{10} = 0,333 \text{ cm}$$

$$h = 26 \text{ m} \times 10 = 260 \text{ cm}$$

$$v = \frac{1}{LC}$$

$$= \sqrt{\frac{18(\ln 2h/r)10^{11}}{2(\ln 2h/r)10^{-9}}}$$

$$= \sqrt{\frac{18(\ln 2 \times 260 / 0,333)10^{11}}{2(\ln 2 \times 260 / 0,333)10^{-9}}}$$

$$= \sqrt{9 \times 10^{20}}$$

$$= 3 \times 10^{10} \text{ cm/det}$$

#### 4.2.1.2 Menghitung tahanan pengetanahan pada metode jala

$$d = 2 \text{ inci} \times 2,58 \text{ cm} = 5,16 \text{ cm}$$

$$= \frac{5,16}{100} = 0,0516 \text{ m}$$

$$h = \frac{1}{10} \sqrt{A}$$

$$= \frac{1}{10} \sqrt{1417,5} = 3,76 \text{ m}$$

$$h' = \sqrt{dxh}$$

$$= \sqrt{0,0516 \times 3,76} = 0,85 \text{ m}$$

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left[ \ln \left( \frac{2L}{h'} \right) + K_1 \left( \frac{1}{\sqrt{A}} \right) - K_2 \right]$$

$$R = \frac{20}{3,14 \times 6} \left[ \ln \left( \frac{2 \times 6}{0,43} \right) + 1,15 \left( \frac{1}{\sqrt{1417,6}} \right) - 4,8 \right]$$

$$R = \frac{20}{18,84} [\ln(27,9) + 1,15(0,026) - 4,8]$$

$$R = 1,06 \times 1,45$$

$$R = 1,53 \Omega$$

#### 4.2.1.3 Perhitungan Biaya Ekonomis

##### 4.2.1.3.1 Down konduktor

Jumlah kabel BC yang di gunakan pada metode jala sebesar

Panjang  $45 \times 6 = 270 \text{ m}$

Panjang kabel BC  $270 \text{ m} : 3 \text{ m} \times (\text{Rp } 68000) = \text{Rp } 6.120.000$

Lebar  $31,5 \times 7 = 220,5 \text{ m}$

Lebar kabel BC  $220,5 \text{ m} : 3 \text{ m} \times (\text{Rp } 68000) = \text{Rp } 4.998.000$

Down konduktor  $26 \times 4 = 104 \text{ m}$

Biaya untuk down konduktor 104 m : 3 m x (Rp68000) = Rp 2.380.000

Harga 1meter kabel BC 35 mm<sup>2</sup> : Rp 68000/kg = 3meter

Biaya kabel BC pada metode jala : 6.120.000 + Rp 4.998.000 +2.380.000 =

Rp 13.498.000

Klem kabel yang digunakan : dengan panjang keseluruhan 270 m dan jarak tiap

klem 50 cm maka klem yang di perlukan 270 m x 0,5 m = 135 klem

135 x 2400 = Rp 324.000.

dengan lebar keseluruhan 283,5 m dan jarak tiap klem 50 cm maka klem yang di

perlukan 283,5 m x 0,5 m = 142 klem x 2400 =Rp 340.800

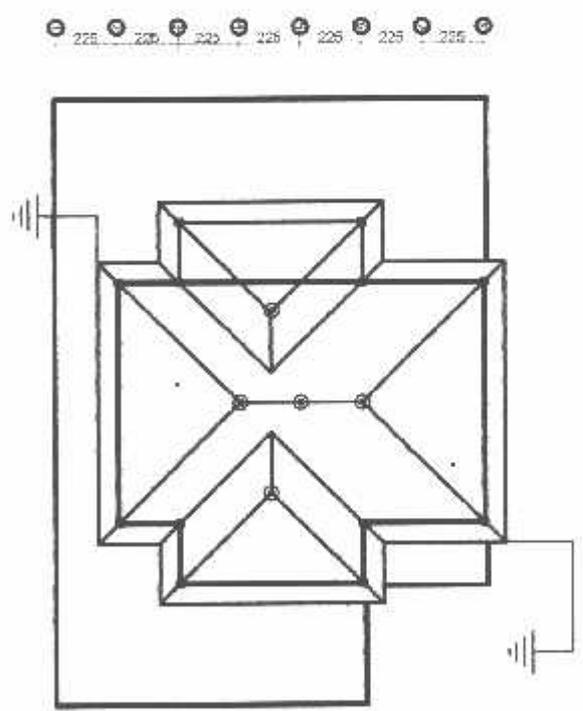
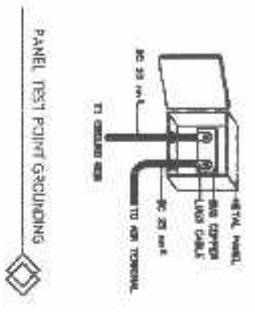
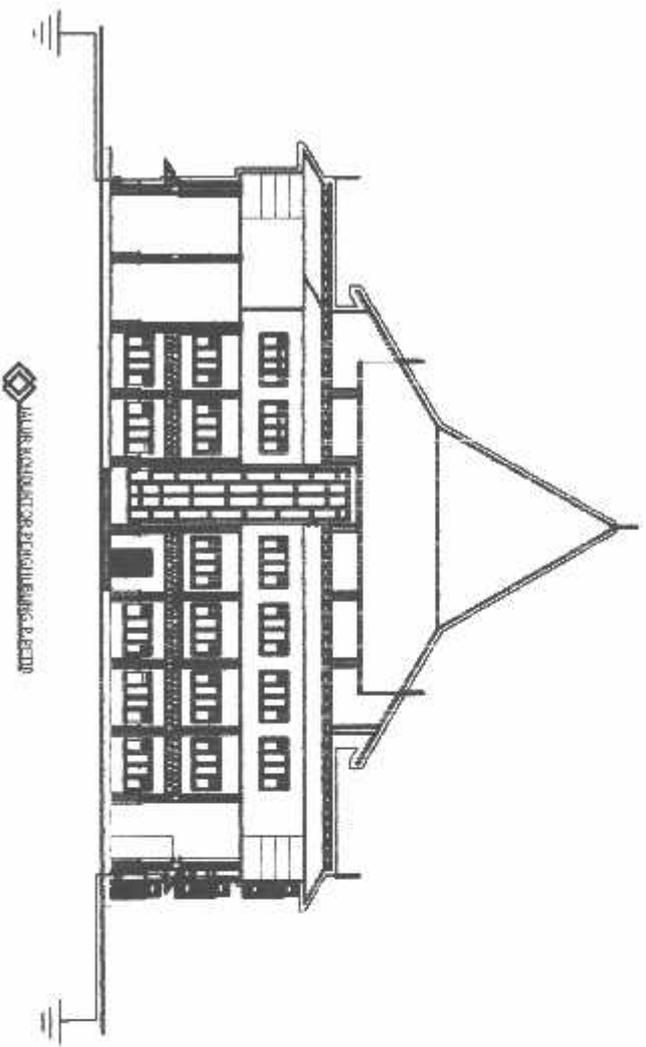
jadi biaya keseluruhan untuk klem : 324.000 + 340.800 = Rp 664.800

Box panel test point grounding : 4 buah x Rp 23000 = Rp 92.000

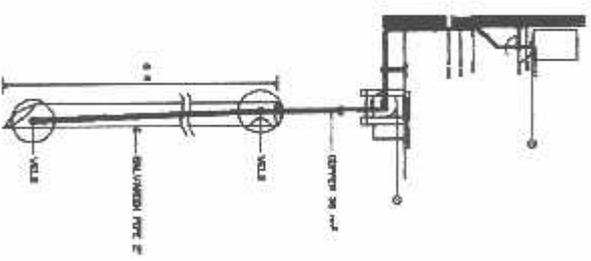
#### **4.2.1.3.1 Grounding**

Grounding pipa baja galvanis 2 inci : Rp 63.000 x 3 meter =Rp 189.000

Jumlah pipa yang di gunakan 4 buah : Rp189.000 x 4 = Rp 756.000



JALUR KONDUKTOR PENCHUBUNG P. PENDE



- METODE SUDUT PROTEKSI**
- Sudut 30°
  - 5 Buah Finial Rod
  - 2 Buah Grounding
  - 2 Buah Grounding
  - Wanggi Diolok 1,5 m

#### 4.2.2 Analisa Metode Sudut Proteksi

Dengan menggunakan metode sudut proteksi dimana tinggi gedung adalah 26 meter maka sudut proteksi berdasarkan tabel 3.17 dengan tingkat proteksi I diperoleh sudut proteksi yang harus digunakan adalah  $\alpha = 30^\circ$

Untuk perhitungan radius proteksi penangkap petir pada metode sudut proteksi

$$h = \text{tinggi bangunan } 26 \text{ m} + \text{finial } 1,5 \text{ m} = 27,5 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} R_p \text{ (m)} &= \sqrt{27,5(2 \times 88 - 27,5) + 10^6 \times 70 \times 10^{-6} (2 \times 88 + 10^6 \times 70 \times 10^{-6})} \\ &= \sqrt{27,5(148,5) + 70 \times (176 + 70)} \\ &= \sqrt{4083,75 + 70 \times (246)} \\ &= \sqrt{4083,75 + 17220} \\ &= \sqrt{21303,75} \\ &= 145,95 \text{ m} \end{aligned}$$

##### 4.2.2.1 Menghitung cepat rambat gelombang ketanah

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{35}{3,14}} = 3,33 \text{ mm} = \frac{3,33}{10} = 0,333 \text{ cm}$$

$$h = 32 \text{ m} \times 10 = 320 \text{ cm}$$

$$v = \frac{1}{LC}$$

$$= \sqrt{\frac{18(\ln 2h/r)10^{11}}{2(\ln 2h/r)10^{-9}}}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{18(\ln 2 \times 320 / 0,333)10^{11}}{2(\ln 2 \times 320 / 0,333)10^{-9}}} \\
&= \sqrt{\frac{136,09 \times 10^{11}}{15,12 \times 10^{-9}}} \\
&= \sqrt{9,01 \times 10^{20}} \\
&= 3,01 \times 10^{10} \text{ cm/det}
\end{aligned}$$

#### 4.2.2.2 Menghitung tahanan pengetanahan pada metode sudut proteksi

$$\begin{aligned}
R &= \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} - 1 \right) \\
&= \frac{20}{2 \times 3,14 \times 6} \left( \ln \frac{2 \times 6}{0,0516} - 1 \right) \\
&= \frac{20}{37,68} \times \ln 232,55 \\
&= 0,53 \times \ln 232,55 \\
&= 0,53 \times 5,44 \\
&= 2,88 \Omega
\end{aligned}$$

#### 4.2.2.3 Perhitungan Biaya Ekonomis

##### 4.2.2.3.1 Finial

Jumlah pipa yang digunakan sebanyak 5 buah :  $5 \times \text{Rp } 31.000 = \text{Rp } 155.000$

Spilt sebanya 5 buah :  $5 \times \text{Rp } 8000 = \text{Rp } 40.000$

Biaya untuk finial :  $155000 + 40.000 = \text{Rp } 195.000$

##### 4.2.2.3.2 Down konduktor

Jumlah kabel BC yang di gunakan pada metode sudut proteksi sebesar: dengan panjang bangunan 45 m + tinggi 32 m = 77 m

Harga 1 meter kabel BC 35 mm<sup>2</sup> :  $\text{Rp } 68.000/\text{kg} = 3 \text{ meter}$

Biaya kabel BC pada metode jala sebesar :  $77m : 3m \times (68000) = \text{Rp}1.768.000$

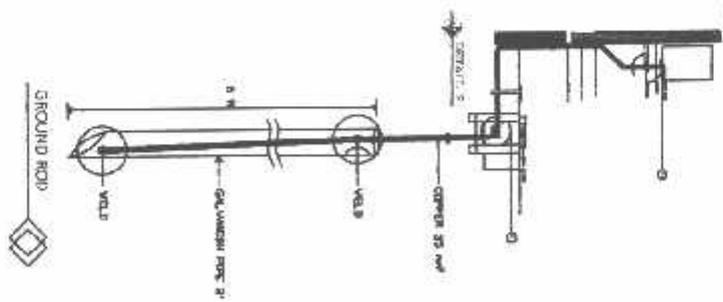
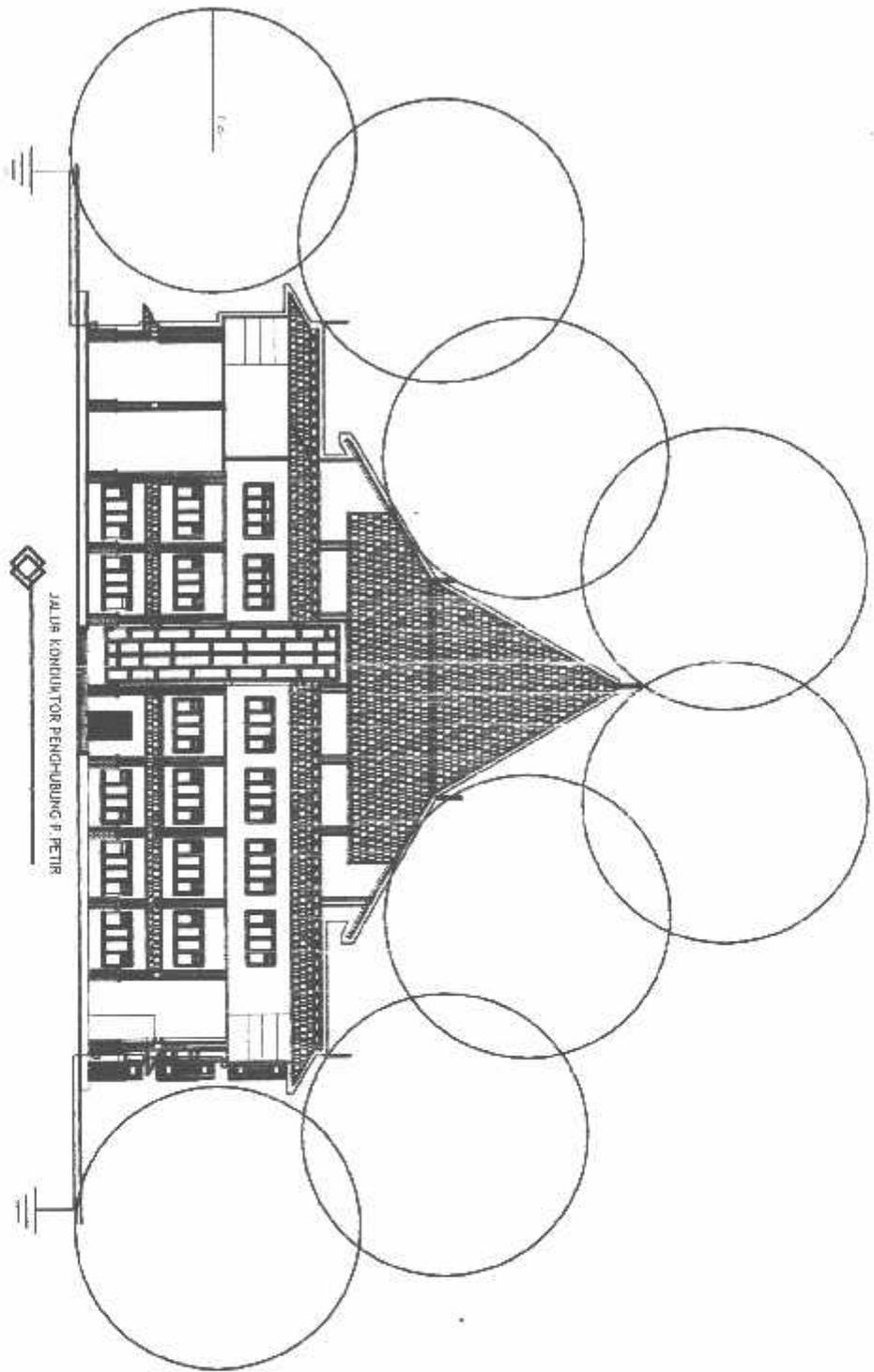
Klem kabel yang digunakan :  $77 : 0,5 = 154 \text{ klem} \times \text{Rp} 2400 = \text{Rp} 369.600$

Box panel test point grounding :  $2 \text{ box panel} \times \text{Rp} 23000 = \text{Rp} 46.000$

#### **4.2.2.3.3 Grounding**

Grounding pipa baja galvanis 2 inci :  $\text{Rp} 63.000 \times 6 \text{ meter} = \text{Rp} 378.000$

Pipa grounding yang digunakan sebanyak 2 buah :  $2 \times \text{Rp} 378.000 = \text{Rp} 756.000$



**METHODE BOJA BERGULIR**

Radius 25 m

5 Buah Bola Rod

0 0 0 0 0

**PANEL TEST POINT GROUNDING**



### 4.2.3 Analisa Dengan Metode Bola Bergulir

Penggunaan metode bola bergulir sangat baik digunakan terutama jika bentuk bangunan rumit metode ini dilakukan dengan cara menggambarkan bangunan dan bola bergulir dengan jari-jari sesuai tabel 3.15 sebesar 25 meter disekeliling bangunan daerah antara perpotongan permukaan tanah dan keliling yang kemungkinan besar tersambar petir sehingga harus dipasang terminasi udara ditambahkan pada puncak atap yang ada di sisi kanan dan kiri maka jarak terminasi dengan bagian atap yang paling luar adalah 3 meter berdasarkan rumus maka  $R = 25$  meter,  $I = \sqrt[0.75]{25} = 73,1$  kA

$$R = 3 \text{ meter, } I = \sqrt[0.75]{3} = 4,32 \text{ kA}$$

Berarti dengan tambahan penangkal petir bangunan bisa menahan sampai 4,32 kA jika ada sambaran petir dengan arus bernilai lebih dari 4,32 kA maka akan ditangkap oleh sistem proteksi petir. Untuk perhitungan radius proteksi penangkal petir pada metode bola bergulir

$$\begin{aligned} R_p \text{ (m)} &= \sqrt{h} \times (2 \times R - h) \\ &= \sqrt{20} \times (2 \times 25 - 20) \\ &= 4,47 \times (50 - 20) \\ &= 4,47 \times 30 \\ &= 134,1 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.2.3.1 Menghitung cepat rambat gelombang ketanah

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{35}{3,14}} = 3,33 \text{ mm} = \frac{3,33}{10} = 0,333 \text{ cm}$$

$$h = 22 \text{ m} \times 10 = 220 \text{ cm}$$

$$v = \frac{1}{LC}$$

$$= \sqrt{\frac{18(\ln 2h/r)10^{11}}{2(\ln 2h/r)10^{-9}}}$$

$$= \sqrt{\frac{18(\ln 2 \times 220 / 0,333)10^{11}}{2(\ln 2 \times 220 / 0,333)10^{-9}}}$$

$$= \sqrt{\frac{127,98 \times 10^{11}}{14,37 \times 10^{-9}}}$$

$$= \sqrt{8,92 \times 10^{20}}$$

$$= 2,98 \times 10^{10} \text{ cm/det}$$

#### 4.2.2.3 Perhitungan tahanan pengtanahan pada metode bola bergulir

$$R = \frac{\rho}{\pi L_1} \left[ \ln \left( \frac{2L_1}{L_2} \right) + K_1 \left( \frac{L_1}{\sqrt{A}} \right) - K_2 + 1 \right]$$

$$R = \frac{20}{3,14 \times 6} \left[ \ln \left( \frac{2 \times 6}{6} \right) + 1,15 \left( \frac{6}{\sqrt{1417,5}} \right) - 4,8 + 1 \right]$$

$$R = \frac{20}{18,84} [\ln 2 + 1,15(0,159) - 3,8]$$

$$R = 1,0 [\ln 2 + (-3,8)]$$

$$R = 3,11 \Omega$$

### 4.2.3.3 Perhitungan Biaya Ekonomis

#### 4.2.3.3.1 Finial

1 meter pipa baja galvanis 1 inci : Rp 31.000 x 5 buah = Rp 155.000

Jumlah slit yang digunakan 5 buah x Rp 8000 = Rp 40.000

Biaya untuk finial : Rp 155.000 + Rp 40.000 = Rp 195.000

#### 4.2.3.3.2 Down konduktor

Harga 1 meter kabel BC 35 mm<sup>2</sup> : Rp 68.000/kg = 3 meter

Jumlah kabel BC pada metode bola bergulir pada sisi kanan sebesar :

54,5 m x 68000 = Rp 3.706.000 : 3 m = Rp 1.235.350

Jumlah kabel BC pada metode bola bergulir pada sisi kiri sebesar :

54,5 m x 68000 = Rp 3.706.000 : 3 m = Rp 1.235.350

Jumlah biaya yang di gunakan: 1.235.350 + 1.235.350 = Rp 2.470.700

Klem kabel yang digunakan : dengan jarak antar klem sebesar 50 cm dengan jarak

antara finial ke grounding sebesar : 54,5 m, maka banyaknya klem yang

digunakan 54,5 : 0,5 = 109 klem x Rp 2400 = Rp 261.600

Box panel test point grounding :sebanyak 3 buah x Rp 23000 = Rp 69.000

#### 4.2.3.3.3 Grounding

Grounding pipa baja galvanis 2inci : Rp 63.000 x 6 =Rp 378.000

Jumlah pipa yang di gunakan 3 buah : 378.000 x 3 = Rp 1.134.000

**Tabel 4-1**

**Data Hasil Perhitungan**

No	Jenis Data	Data Hasil Perhitungan		
		Metode jala	Metode sudut proteksi	Metode bola bergulir
1	Radius Proteksi	37,9 cm	145,95 m	134,1 m
2	Cepat Rambat Gelombang	$3 \times 10^{10}$ cm/det	$3,01 \times 10^{10}$ cm/det	$2,98 \times 10^{10}$ cm/det
3	Pengetanahan	1,53Ω	2,88 Ω	3,11 Ω
4	Finial	-	Rp 195.000	Rp 195.000
5	Box Panel Test Point	Rp 92.000	Rp 46.000	Rp 69.000
5	Klem Kabel	Rp 664.800	Rp 369.600	Rp 261.600
7	Down Konduktor	Rp 13.498.000	Rp 1.768.000	Rp 2.470.700
8	Grounding	Rp 756.000	Rp 756.000	Rp 1.134.000
9	Ongkos Pemasangan	RP 2.000.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
10	Total Biaya	Rp 17.010.800	Rp 4.634.600	Rp 5.630.300

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa data maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Lebar jala minimum pada gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN Malang dengan menggunakan metode jala adalah 5 meter dan dengan radius proteksi sebesar 37,9 meter, total biaya pemasangan Rp.17.010.800
2. Bila menggunakan metode sudut proteksi dengan  $\alpha = 30^\circ$  gedung laboratorium teknik elektro kampus II ITN Malang maka radius proteksi dari sistem penangkal petir sebesar 145,32 meter dengan total biaya pemasangan Rp.4.634.600
3. Bila radius bola bergulir yang digunakan pada gedung elektro kampus II ITN Malang sebesar 25 meter maka sesuai dengan analisa dengan menggunakan metode bola bergulir sehingga arus yang ditangkap oleh sistem proteksi petir adalah  $> 4,32$  kA dengan radius proteksi sebesar 134,1 meter dengan total biaya pemasangan Rp.5.630.300
4. Diantara ketiga metode secara teknis dan ekonomis yang lebih efektif dan efisien adalah metode sudut proteksi karena metode ini memiliki radius proteksi sebesar 145,32 meter, total biaya pemasangan Rp.4.634.600
5. Semakin dalam penanaman elektroda pentanahan akan semakin rendah tahanan pengctanahannya dan terdistribusi semakin merata pada konduktor sehingga sistem pentanahan tersebut aman bagi orang disekitarnya.
6. Analisa biaya manfaat sistematis atas sistem proteksi sambaran petir merupakan analisa biaya investasi yang perlu diadakan dan analisa biaya atas resiko yang timbul akibat kegagalan perlindungannya untuk meminimisasi biaya dapat dilakukan dengan cara penyempurnaan instalasi penangkal petir eksternal.

## Daftar Pustaka

1. Majalah Elektro Indonesia, artikel **“Analisa biaya manfaat sistematis atas proteksi sambaran petir dan perlindungan peralatan elektronik dan bahaya induksi akibat sambaran petir”**, edisi perdana, Maret 1996.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/energi.html#e2>
  2. Majalah Elektro Indonesia, artikel **“overhead groundwire, Perlindungan Transmisi Tenaga Listrik dan sambaran petir”**, edisi 12 maret 1998.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/energi12a.html>
  3. T.S.HUTAHURUK, **“Glombang Brjalan Dan Proteksi Surja”**, Penerbit Erlangga, 1991
  4. Ts. Hutauruk, **“Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan”**, Erlangga, 1991.
  5. <http://www.furse.com> **Furse Earthing & Lightning Protection Lightning protection to BS 665 Lhtm**
  6. **Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)** untuk bangunan di Indonesia Direktorat penyelidikan masalah bangunan 1983
  7. <http://www.petir.com>
  8. **National Fire Protection Association (NFPA) 780 dan International Electrotechnical Commission (IEC) 1024-1-1**
-



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : HANDI MUHAEMIN
2. NIM : 00.12.133
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP GANGGUAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALA, SUDUT PROTEKSI DAN BOLA BERGULIR YANG DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG.

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 23 Maret 2006  
Dengan Nilai : 81,25 (A)



Ir. Mochtar Asroni, MSME  
Ketua

**Panitia Ujian Skripsi**

Ir. F Yudi Limpraptono, MT  
Sekretaris

**Anggota Penguji**

Ir. Widodo Pudji M, MT  
Penguji Pertama

Ir. Choirul Saleh, MT  
Penguji Kedua

---



## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

- |                                   |                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Nama                           | : HANDI MUHAEMIN                                                                                                                                                                                                                  |
| 2. NIM                            | : 00.12.133                                                                                                                                                                                                                       |
| 3. Jurusan                        | : Teknik Elektro S-1                                                                                                                                                                                                              |
| 4. Konsentrasi                    | : Teknik Energi Listrik                                                                                                                                                                                                           |
| 5. Judul Skripsi                  | : ANALISA SISTEM PROTEKSI<br>EKSTERNAL TERHADAP GANGGUAN<br>PETIR DENGAN MENGGUNAKAN<br>METODE JALA, SUDUT PROTEKSI<br>DAN BOLA BERGULIR YANG<br>DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG<br>LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO<br>KAMPUS II ITN MALANG |
| 6. Tanggal Mengajukan Skripsi     | : 11 Januari 2006                                                                                                                                                                                                                 |
| 7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi  | : 15 Maret 2006                                                                                                                                                                                                                   |
| 8. Dosen Pembimbing               | : Ir. Teguh Herbasuki, MT                                                                                                                                                                                                         |
| 10. Telah dievaluasi dengan nilai | : 85 ( delapan puluh lima)                                                                                                                                                                                                        |

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ir. F. Yudi Lampraptono, MT**  
**NIP.Y. 1039500274**

**Diperiksa dan Disetujui**  
**Dosen Pembimbing**

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
**NIP. Y.1038900209**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 23 Maret 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : HANDI MUHAEMIN
2. NIM : 00.12.133
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP GANGGUAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALA, SUDUT PROTEKSI DAN BOLA BERGULIR YANG DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Total biaya pada masing-masing metode	

### Anggota Penguji

**Ir. Widodo Pudji M, MT**  
Penguji Pertama

**Ir. Choirul Saleh, MT**  
Penguji Kedua

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. Teguh Herbasuki, MT**



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Handi Muhaemin  
Nim : 00.12.133  
Masa Bimbingan : 11 JANUARI 2006 - 11 JUNI 2006  
Judul Skripsi : ANALISA SISTEM PROTEKSI EKSTERNAL TERHADAP  
GANGGUAN PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
JALA, SUDUT PROTEKSI DAN BOLA BERGULIR YANG  
DIAPLIKASIKAN PADA GEDUNG LABORATORIUM  
ELEKTRO KAMPUS II ITN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	24-01-2006	konsultasi Bab I	
2.	28-01-2006	konsultasi Bab I & II	
3.	04-02-2006	Acc bab I & II	
4.	13-02-2006	konsultasi Bab III	
5.	20-02-2006	Acc bab III	
6.	27-02-2006	konsultasi Bab IV	
7.	01-03-2006	konsultasi revisi Bab IV	
8.	09-03-2006	Acc Bab IV & V	
9.	11-03-2006	konsultasi makalah seminar	
10.	13-03-2006	Acc makalah seminar	

Malang, 200

Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP : Y1038900209

Form.S-4b



# STASIUN KLIMATOLOGI KARANGPLOSO

JL. ZENTANA 33 KARANGPLOSO MALANG

Telp : (0341) 464827, 461555 ; Fax : (0341) 464827 ; Email : zentana33@yahoo.com , zentana33@hotmail.com

JULI 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	5	14.00	TS
2	9	16.00	TS
3	11	18.00	TS
AGUSTUS 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
			NIHIL
SEPTEMBER 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	21	15.00	TS
2	22	14.00	TS

OKTOBER			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	7	15.00	TS
2	11	16.00	TS
3	12	14.00	TS
4	14	16.00	TS
5	15	15.00	TS
6	16	14.00	TS
7	20	15.00	TS
8	24	13.00	TS
9	25	15.00	TS
		16.00	TSRA
10	26	15.00	TS
11	29	15.00	TS
12	30	16.00	TS

**Keterangan :**

TS = THUNDERSTOM  
TS RA = THUNDERSTOM + RAIN

Mengetahui  
Kepala Stasiun Klimatologi  
Karangploso Malang

ltd

**Ir. ANTOYO SETYADIPRATIKTIO**  
NIP. 120 106 886

Malang, 28 Nopember 2005  
Kasjo Observasi dan Informasi





BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA  
STASIUN KLIMATOLOGI KARANGPLOSO

JL. ZENTANA 33 KARANGPLOSO MALANG

Telp : (0341) 464827, 461595 ; Fax : (0341) 464827 ; Email : zentana33@yahoo.com, zentana33@hotmail.com

MARET 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	1	14.00	TS
2	2	15.00	TS
		16.00	TSRA
3	3	12.00	TS
		13.00	TS
		14.00	TSRA
		15.00	TS
		16.00	TS
4	4	12.00	TSRA
		13.00	TS
		14.00	TSRA
		17.00	TSRA
5	5	11.00	TS
		15.00	TS
		16.00	TS
		17.00	TSRA
		18.00	TSRA
		19.00	TSRA
6	5	15.00	TSRA
7	3	22.00	TS
8	10	15.00	TS
		16.00	TS
9	12	14.00	TS
		17.00	TSRA
		18.00	TS
10	13	13.00	TS
		22.00	TSRA
11	14	15.00	TS
		16.00	TS
		17.00	TSRA
12	15	14.00	TS
13	17	15.00	TS
		16.00	TS
		18.00	TS
14	18	16.00	TSRA
		17.00	TS
15	20	14.00	TS
		15.00	TSRA
		17.00	TSRA
		18.00	TSRA
16	21	14.00	TSRA
17	22	14.00	TS
18	23	14.00	TS
		15.00	TSRA
19	24	16.00	TSRA
		15.00	TS
		16.00	TS
20	25	16.00	TS
21	26	17.00	TS
		18.00	TS
22	27	14.00	TS
		15.00	TS
		16.00	TSRA
23	28	13.00	TSRA
		15.00	TS
		16.00	TS
24	31	19.00	TS

APRIL 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	1	12.00	TS
2	3	12.00	TS
		13.00	TS
		15.00	TS
		16.00	TSRA
		17.00	TSRA
		18.00	TSRA
3	4	14.00	TSRA
		15.00	TSRA
4	11	16.00	TSRA
		19.00	TSRA
5	12	11.00	TS
6	13	14.00	TSRA
		15.00	TSRA
		16.00	TSRA
7	14	14.00	TS
		15.00	TS
		16.00	TS
		17.00	TSRA
8	15	15.00	TS
		16.00	TS
9	17	15.00	TS
		16.00	TS
		17.00	TSRA
10	30	22.00	TSRA

MEI 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	4	16.00	TS
2	6	17.00	TSRA

JUNI 2005			
NO	TGL	JAM PENGAMATAN (WIB)	KEADAAN CUACA
1	12	14.00	TS
2	20	15.00	TS
		16.00	TS
		17.00	TS
3	21	16.00	TS
		18.00	TSRA
4	22	14.00	TS
5	23	13.00	TS
		14.00	TSRA