

TUGAS AKHIR

**SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE FRANKLIN
PADA GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN**

*Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan melengkapi persyaratan untuk
memproleh gelar Sarjana Teknik (ST) program studi teknik elektro
fakultas teknik universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.*

Oleh:

HERLASWANDIHARAHAP

1207220111-P



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE FRANKLIN
PADA GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN**

*Diajukan untuk melengkapai tugas-tugas dan melengkapai persyaratan untuk
memproleh gelar Sarjana Teknik (ST) program studi teknik elektro
fakultas teknik universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.*

Disusun Oleh :

HERI ASWANDI HARAHAHAP

1207220111-P

Telah Diuji dan disidangkan pada tanggal
Maret 2017

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

(Ir. Abdul Azis H, M.M)

Penguji -1

Arnawan Hasibuan, S.T., M.T

Pembimbing II

(Ir. Zulfikar, M.T.)

Penguji - II

M. Syafril S.T., M.T

Diketahui Oleh

Prodi Program Studi teknik Elektro

Ketua

Rohana, S.T, M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heri Aswandi Harahap
NPM : 1207220111-P
Tempat, Tgl Lahir : Padang Sidempuan 23 September 1986
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya yang berjudul:

“sistem proteksi penangkap petir dengan menggunakan metode franklin pada gedung balai diklat keagamaan medan”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun, demi integritas Akademik di Program Studi Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2017

Saya yang menyatakan

Heri Aswandi Harahap



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
(UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO**

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : HERI ASWANDI HARAHAAP
NPM : 1207220111-p
FAK/JUR : TEKNIK / TEKNIK ELEKTRO
**Judul Tugas Akhir : SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR
PADA GEDUNG DIKLAT KEAGAMAAN
MEDAN**

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF PEMBIMBING

Mengetahui,
Pembimbing I

Ir.Abdul Aziz, M.M.



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
(UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO**

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : HERI ASWANDI HARAHAHAP
NPM : 1207220111-p
FAK/JUR : TEKNIK / TEKNIK ELEKTRO
**Judul Tugas Akhir : SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR
PADA GEDUNG DIKLAT KEAGAMAAN
MEDAN**

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF PEMBIMBING

Mengetahui,
Pembimbing II

Ir. Zulfikar, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE FRANKLIN
PADA GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN**

*Diajukan untuk melengkapi tugas-
tugas dan melengkapi persyaratan untuk memproleh gelar Sarjana Teknik (ST)
program studi teknik elektro fakultas teknik universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara.*

Disusun Oleh :

HERI ASWANDI HARAHAP
1207220111-P

Telah Diujikan dan disidangkan pada tanggal
..... Oktober 2016

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

(Ir. Abdul Ajis H, M.M)

Penguji -1

Arnawan Hasibuan, S.T., M.T

Pembimbing II

(Ir. Zulfikar, M.T.)

Penguji - II

M. Syafril S.T., M.T

Diketahui Oleh
Prodi Program Studi Teknik Elektro
Ketua

Rohana ST., M.T

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN
2017

**SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR PADA GEDUNG BALAI DIKLAT
KEAGAMAAN MEDAN**

*Tugas Akhir ini diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

oleh :

HERI ASWANDI HARAHAP

1207220111-P

Disetujui oleh :

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, M.M.

Ir. Zulfikar, M.T.

Diketahui oleh :

KETUA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Rohana, S.T., M.T.

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2016**

ABSTRAK

Petir merupakan kejadian alam yang selalu melepaskan muatan listriknya ke bumi tanpa dapat dikendalikan dan menyebabkan kerugian harta benda dan manusia. Tak ada yang dapat mengubah situasi ini. Petir telah banyak membuat kerugian pada manusia dan kerusakan pada peralatan sejak dulu. Semakin banyaknya pemakaian alat elektronik dan peralatan tegangan rendah saat ini telah meningkatkan jumlah statistik kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh sambaran petir baik langsung maupun tidak langsung. Indonesia memiliki hari guruh yang tinggi dengan jumlah sambaran petirnya yang banyak, sehingga kerusakan dan kerugian yang ditimbulkannya pun lebih besar.

Upaya proteksi manusia dan peralatan telah dilakukan, namun dengan semakin luas, semakin banyak dan semakin canggihnya peralatan listrik dan elektronik yang digunakan menyebabkan semakin rumitnya sistem yang diperlukan. Sistem penangkal petir jenis Franklin berkemampuan membawa arus petir ke bumi tanpa menimbulkan bahaya apapun terhadap bangunan yang dilindungi. Sistem ini yang digunakan pada gedung yang mempunyai atap runcing. Oleh karena itu Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan yang memiliki menara atau tower antena yang runcing menggunakan penangkal petir jenis Franklin.

Kata kunci : Sistem proteksi, Petir, Penangkap petir *Franklin*.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat-Nya penulis masih diberi kesehatan, kelapangan dan keselamatan hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA). Tugas Akhir ini diajukan untuk melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun judul Tugas Akhir ini adalah “Sistem Proteksi Penangkap Petir Pada Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan”.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Parjuangan Harahap dan Ibunda tercinta Dermawati yang telah mengasuh, membesarkan dan mendidik penulis dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus.
2. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Rohana, S.T., M.T., selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan juga selaku Pembimbing I Penulis.

4. Bapak Ir. Abdul Aziz, M.M., selaku pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pemikirannya di dalam mengarahkan penulis menyusun laporan ini.
5. Bapak Ir. Zulfikar, M.T., selaku pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pemikirannya di dalam mengarahkan penulis menyusun laporan ini.
6. Bapak M. Syafril, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah banyak memberimasukan dan meluangkan waktu untuk membimbing saya dalam proses penulisan Tugas Akhir ini selesai
7. Seluruh staff administrasi dan dosen-dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dalam materi dan dukungan yang telah di berikan kepada penulis.
8. Kepada teman-teman penulis dan rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro '012, Syafrizal Pratama, S.T. yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang penulis terima mendapat balasan yang layak dari Allah SWT. Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua, Amiin.

Medan, Oktober 2016

Hormat Saya

HERI ASWANDI HARAHAHAP

1207220111-P

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Metode Penulisan	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Petir.....	5
2.2 Proses Terjadinya Petir	6
2.3 Pembentukan Sambaran Petir.....	9
2.2.1. Pembentukan Sambaran Balik Petir	10
2.2.1. Pembentukan Guntur.....	11
2.4 Kerusakan Akibat Sambaran Petir	14
2.4.1. Kerusakan Akibat Sambaran Langsung	15
2.4.2. Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung	15

2.4.3. Bahaya Loncatan Bunga Api dari Konduktor Pentanahan	16
2.4.4. Gradien Tegangan Di Dalam Tanah	17
2.5 Sistem Proteksi Petir.....	19
2.5.1. Penangkap Petir Eksternal	22
2.5.2. Penangkap Petir Internal.....	24
2.5.3. Pembuatan Sistem Pentanahan	25
2.5.4. Pengadaan Sistem Penyaluran Arus Petir.....	25
2.6 Proteksi Pembumian	26
2.7 Perlindungan Untuk Bangunan.....	26
2.7.1. Kebutuhan Bangunan Akan Adanya Instalasi Penangkap Petir	27

BAB III SISTEM PROTEKSI BANGUNAN

3.1 Sistem Penangkap Petir	30
3.1.1. Fungsi Perlindungan Dari Instalasi Penangkap Petir .	31
3.1.2. Penangkap Petir Sistem <i>Franklin</i>	32
3.1.3. Penangkap Petir Sistem <i>Faraday</i>	33
3.2 Sistem Pembumian	36
3.2.1. Konduktor	36
3.2.2. <i>Earth Rods</i> dan <i>Earth Plates</i>	37
3.2.3. Konektor dan Terminal.....	37
3.2.4. <i>Earth Inspection Pits</i>	38
3.2.5. Sistem Perlindungan <i>Elektronic Transient Over Voltage</i>	39
3.3 <i>Earthing (Arde)</i>	39
3.3.1. Pengukuran Tahanan Jenis Tanah	40

3.3.2. Konfigurasi Penanaman Elektroda Tanah	41
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	43
3.4.1. Metode Perhitungan Kemungkinan Bangunan Tersambar Petir	44
3.4.2. Perhitungan Kegagalan Penangkap Petir.....	47
3.4.3. Sambaran yang diharapkan Pertahun	48
BAB IV PERHITUNGAN SISTEM PROTEKSI PADA GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN	
4.1 Penangkap Petir Pada Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan	50
4.1.1. Data-Data Bangunan Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan	50
4.1.2. Data Perlindungan Petir Tegak.....	52
4.1.3. Resiko Kegagalan Proteksi.....	52
4.1.4. Hasil Dari Semua Perhitungan Resiko Kegagalan Proteksi	56
4.2 Perhitungan Teknis Kemungkinan Terjadinya Sambaran Petir Pada Gedung	56
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Terjadinya Petir.....	6
Gambar 2.2 Proses Ionisasi Terjadinya Petir	8
Gambar 2.3 Lidah Petir Pelopor Tanpa Pukulan Balik.....	12
Gambar 2.4 Lidah Petir Pelopor Dengan Pukulan Balik	13
Gambar 2.5 Elektroda Plat Pentanahan.....	18
Gambar 2.6 Memperdalam Elektroda Pentanahan.....	18
Gambar 2.7 Menghubungkan Sistem Perpipaan.....	19
Gambar 2.8 Konsep <i>Dissipation Array System</i>	21
Gambar 3.1 Radius Perlindungan Sistem <i>Franklin</i>	33
Gambar 3.2 Penangkap Petir Sistem <i>Faraday</i>	34
Gambar 3.3 Finial Penangkap Petir	35
Gambar 3.4 Sudut Pembentukan Sambunagn Konduktor	36
Gambar 3.5 Klem Kabel	37
Gambar 3.6 Klem Penjepit.....	38
Gambar 3.7 <i>Bare Copper Tape</i>	38
Gambar 3.8 Bak Kontrol <i>Earth Inspection Pits</i>	38
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian	43

Gambar 3.10 Luas Daerah yang Menarik Smabaran Petir.....	46
Gambar 4.1 Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia secara geografis merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dan di antara dua benua dengan hari guruh sekitar 120 hari/tahun. Indonesia yang merupakan negara khatulistiwa mempunyai karakteristik petir yang berbeda dengan negara di luar negeri, maka karakteristik petir di Indonesia sering di jadikan sebagai standart oleh Badan Standartisasi Dunia pada umumnya.

Mengingat kerusakan yang timbul akibat dari sambaran petir maka muncul usaha untuk melindungi diri akibat sambaran petir, dalam dunia kelistrikan ini di namakan usaha proteksi petir. Dalam usaha proteksi petir ini tentu di butuhkan pengetahuan tentang petir itu sendiri dan karakteristik-karakteristik petir. Dalam hal ini juga termasuk proteksi petir itu sendiri.

Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan yang berada di Jl. TB Simatupang No. 122 P. Baris Medan merupakan salah satu gedung yang cukup tinggi, sehingga di butuhkan perlindungan atau proteksi terhadap petir. Di samping masih sedikitnya informasi tentang Sistem Proteksi Petir (SPP) terutama pada negara-negara tropis. Berdasarkan latar belakang yang di jelaskan di atas maka penulis bermaksud mengadakan penelitian tentang “*SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR PADA GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN*”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan masalah :

1. Bagaimana metode perhitungan sistem penangkap petir pada bangunan?
2. Bagaimana perhitungan jarak aman sambaran petir?
3. Bagaimana kemungkinan sambaran petir dan resiko kegagalan perlindungan pada gedung?

1.3. Tujuan Penelitian

Penulisan Tugas Akhir (TA) ini bertujuan :

1. Untuk mengetahui metode perhitungan yang praktis dan tepat dalam sistem penangkap petir pada bangunan.
2. Untuk mengetahui jarak aman sambaran dari petir.
3. Untuk mengetahui kemungkinan terjadi sambaran petir dan resiko kegagalan dalam perlindungan pada gedung.

1.4. Manfaat Penelitian

Penulis mengharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat berupa hasil analisis pengaman gangguan petir untuk pihak Balai Diklat Keagamaan Medan dalam sistem proteksi gangguan petir, agar kedepannya bisa lebih mengetahui standart pengaman gangguan petir sesuai standart yang digunakan.

1.5. Batasan Masalah

Penulis mencoba membatasi ruang lingkup bahasan pada “*Sistem Proteksi Penangkap Petir Pada Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan*”.

1.6. Metode Penulisan

Pendekatan masalah dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan bahasan yang lengkap dan jelas. Perhitungan dan pembahasan masalah dilakukan dengan mencari data di lapangan juga melalui teori-teori yang diberikan oleh dosen pengajar di kampus ataupun sumber-sumber bacaan lain yang diperoleh dari perpustakaan dan data dari media internet. Selama proses penulisan tugas akhir ini, penulis melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing.

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang akan dipakai agar mencerminkan tugas akhir ini, terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Yang berisikan tentang teori terbentuknya petir, kerusakan akibat sambaran petir, bagaimana sistem proteksi terhadap petir yang digunakan, bagaimana sistem proteksi pembumiannya serta bagaimana sistem proteksi yang baik pada bangunan atau gedung bertingkat.

BAB III SISTEM PROTEKSI BANGUNAN

Pada Bab ini dibahas tentang sistem penangkap petir dengan menggunakan metode *Frankli Nefud Faraday*, sistem pembumian, bagaimana cara mengukur tahanan jenis tanah, metode perhitungan kemungkinan bangunan tersambar petir.

BAB IV PERHITUNGAN SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR PADA GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN

Pada Bab ini berisikan data-data tentang bangunan, dan perlindungan petir tegak, serta resiko kegagalan proteksi.

BAB V PENUTUP

Pada Bab ini terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

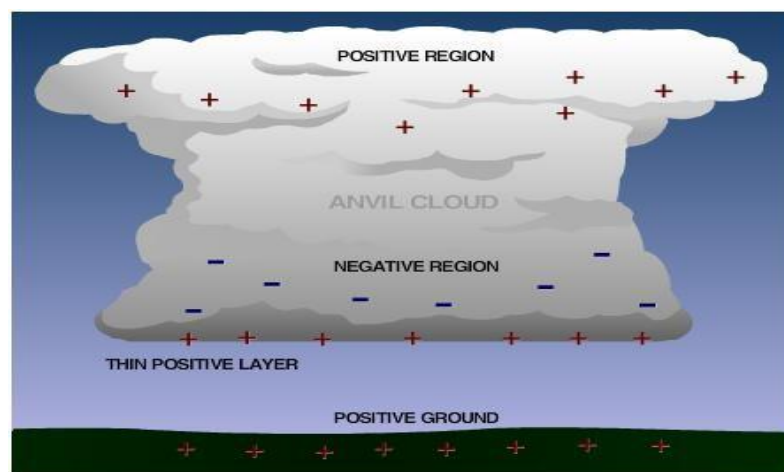
2.1. Petir

Petir, kilat, atau halilintar adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di saat langit memunculkan kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan. Beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar yang disebut guruh. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya.

Petir merupakan gejala alam yang bisa kita analogikan dengan sebuah kondensator raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan (bisa lempeng negatif atau lempeng positif) dan lempeng kedua adalah bumi (dianggap netral). Seperti yang sudah diketahui kapasitor adalah sebuah komponen pasif pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat (*energy storage*). Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan (*intercloud*), dimana salah satu awan bermuatan negatif dan awan lainnya bermuatan positif.

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (elektron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk

mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan bermuatan negatif dan awan bermuatan positif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan.



Gambar 2.1 Proses terjadinya petir

2.2. Proses Terjadinya Petir

Petir adalah peristiwa alam yang sering terjadi di bumi, terjadinya seringkali mengikuti peristiwa hujan baik air atau es, peristiwa ini dimulai dengan munculnya lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang kearah bumi dan kemudian diikuti suara yang menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai makhluk hidup.

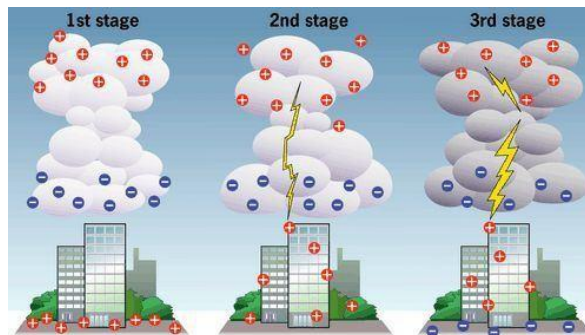
Petir merupakan suatu peristiwa alam yang sering terjadi di bumi. Petir seringkali diikuti dengan peristiwa hujan, baik air atau es. Peristiwa ini dimulai dengan munculnya lidah api listrik yang bercahaya terang, terus memanjang ke arah bumi dan kemudian diikuti suara yang menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai makhluk hidup dan semua bangunan yang ada di sekitarnya. Untuk mencegah yang fatal tersebut, sebaiknya dipasang penangkap petir yang bekerja dengan baik. Penangkap petir yang bekerja dengan baik harus sanggup menangkap dan menyalurkan seluruh lidah api petir yang bermuatan listrik ke perut bumi. Supaya seluruh lidah api tersebut benar-benar bisa disalurkan ke dalam perut bumi, maka penangkap petir tersebut harus mempunyai nilai *grounding* maksimal 2 *ohm*, dan sebaiknya mempunyai nilai hambatan di bawah 1 *ohm*. Hal ini supaya semua muatan listrik petir mendekati 100% tersalur ke tanah atau perut bumi. Jadi penangkap petir yang mempunyai hambatan jauh di bawah 1 *ohm* dipastikan akan jauh lebih sempurna untuk meredam segala ancaman dari petir.

Pusat terbentuknya petir terjadi di dalam awan guntur atau di sebut juga awan cumulonimbus. *Cumulonimbus* adalah awan yang membentuk gumpalan, yang berukuran vertikal lebih besar dari pada ukuran horizontalnya dan bagian atasnya tajam dan dasar dari awan tersebut rata. Yang memiliki ukuran tinggi dapat mencapai 14 km dan memiliki ukuran lebar dapat mencapai 1,5–7,5 km. Awan ini terbentuk didalam atmosfer dengan kondisi tidak stabil. Di dalam awan guntur ini terdapat arus vertikal keatas yang kuat dan mengakibatkan terjadinya pemisahan muatan setelah melewati pembentukan kristal es. Dimana muatan listrik positif terdapat dibagian atas dan muatan listrik negatif terdapat dibagian bawahnya.

Terdapat dua teori yang mendasari proses terjadinya petir :

1. Proses Ionisasi

Petir terjadi diakibatkan terkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan, ion listrik dihasilkan oleh gesekan antar awan dan juga kejadian ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair. Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul di suatu tempat maka awan bermuatan akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi maka inilah yang disebut petir.



Gambar 2.2 Proses ionisasi terjadinya petir

2. Proses gesekan antar awan

Awan akan bergerak mengikuti arah angin dan selama proses Bergeraknya awan ini maka saling bergesekan satu dengan yang lainnya. proses ini terlahir elektron-elektron bebas yang memenuhi permukaan awan. proses ini bisa digambarkan secara sederhana pada sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada rambut maka penggaris ini akan mampu menarik potongan kertas. Pada suatu saat awan ini akan terkumpul di sebuah kawasan, saat inilah petir dimungkinkan terjadi karena elektron-elektron bebas ini saling menguatkan satu dengan lainnya. Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi.

2.3. Pembentukan 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 0°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 kita 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. Sambaran pelopor ini menuju ke tanah di bumi dengan kecepatan rata-rata 10 Cm/Detik melalui lintasan zig-zag bercabang mengarah ke bawah. Sambaran petir ini juga membawa muatan listrik negatif sepanjang lintasannya ini menciptakan medan listrik dalam ruang antar ujung sambaran pelopor menuju ke tanah.

2.3.1. Pembentukan Sambaran Balik Petir

Bila sambaran pelopor telah mencapai ketinggian dimana tegangan tembus listrik setempat antara pelopor dengan suatu objek di tanah yang dilewati, maka dimulailah sambaran positif ke atas melalui lintasan untuk ujung sambaran pelopor. Pertemuan ini menghasilkan arus muatan dalam saluran pelopor ke tanah yang dimulai dari ujung pelopor. Sambaran balik ini terlihat seperti menyambar menjalar ke atas seperti sambaran muatan positif.

Dikarenakan kemilau cahaya yang timbul karena perubahan kecepatan gerak dari muatan. Sebenarnya yang menyebabkan efek ini adalah muatan negatif yang bergerak. Kemilau cahaya dari sambaran balik ini jauh lebih besar dari pada sambaran pelopor. Menjalar lebih cepat melalui saluran pelopor yang telah terionisasi dan berlangsung hanya dalam 100 mikro detik. Arus dari sambaran balik inilah yang merupakan arus utama dari suatu luah.

Besarnya arus ini berkisar antara 5000 sampai 200.000 Ampere. Saluran sambaran balik ini diameternya hanya beberapa cm tapi sebagian terbesar dari arus mengalir dalam saluran inti yang berdiameter beberapa mm.

2.3.2. Pembentukan Guntur

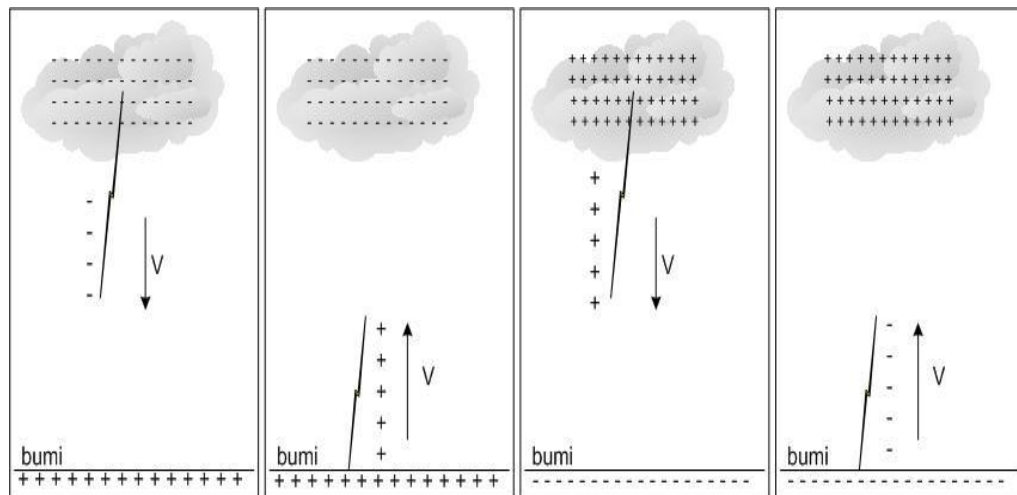
Guntur adalah suatu bunyi menggemuruh yang biasanya terdengar pada saat hujan, bunyi terjadi karena adanya gerakan listrik di dalam awan yang menyebabkan terjadinya petir. Gerakan itu menekan dan menabrak udara disekitarnya sehingga menimbulkan bunyi. Udara yang terkena gerakan listrik lalu menabrak udara di dekatnya, dan begitu selanjutnya. Inilah yang menimbulkan bunyi menggemuruh.

Jika petir sangat dekat, bunyi guntur akan terdengar hampir bersamaan petirnya. Tetapi jika petirnya jauh, bunyi guntur akan terdengar beberapa saat kemudian. Sebabnya ialah karena cahaya jauh lebih cepat rambat gelombangnya di dalam udara daripada bunyi. Dalam waktu satu detik, cahaya dapat mengelilingi bumi sebanyak 7,5 kali, tetapi bunyi hanya menempuh jarak 330 meter. Itulah sebabnya mengapa kilatan petir terlihat sebelum bunyinya terdengar.

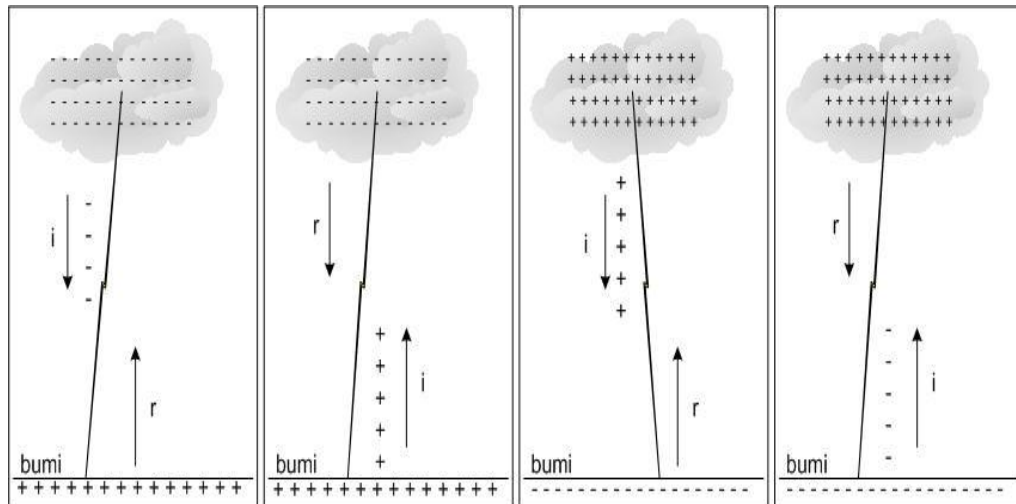
Kapasitor adalah sebuah komponen pasif pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat. Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi atas atau bawah, sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya.

Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif elektron dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena ada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir.

Karena ada awan bermuatan negatif dan awan bermuatan positif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan. Petir merupakan hasil pemisahan muatan listrik secara alami di dalam awan-awan badai. Di dalam awan terjadi pemisahan muatan dimana beberapa teori menyatakan bahwasanya di dalam awan, kristal es bermuatan positif, sedangkan titik-titik air bermuatan negatif.



Gambar 2.3. Lidah petir pelopor tanpa pukulan balik



Gambar 2.4. Lidah petir pelopor dengan pukulan balik

Mekanisme selanjutnya adalah peluahan petir yang diawali dengan pengembangan sambaran pelopor *stepped downward leader*. Gerakan kebawah ini bertahap sampai dekat ke tanah, sehingga muatan negatif yang dibawa oleh *stepped leader* tersebut memperbesar induksi muatan positif di permukaan tanah, akibatnya gradien tegangan antara dasarawan dengan tanah semakin besar.

Apabila kedua akumulasi muatan ini saling tarik, maka muatan positif dalam jumlah yang besar akan bergerak ke atas menyambut gerakan *stepped leader* yang bergerak kebawah, akhirnya terjadi kontak pertemuan antara keduanya. Gerakan ke atas muatan positif tersebut membentuk suatu streamer yang bergerak ke atas *upward moving streamer*, atau yang lebih dikenal dengan sambaran balik *return stroke* yang menyamakan perbedaan potensial.

2.4. Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Keadaan alam iklim tropis Indonesia pada umumnya termasuk daerah dengan hari petir yang tinggi setiap tahun. Karena keterbatasan data besarnya hari petir untuk setiap lokasi di Indonesia, pada saat ini diasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang tinggi di atas gunung atau menara yang menonjol ditengah-tengah area yang bebas seperti sawah ladang mempunyai kemungkinan sambaran lebih tinggi dari pada tempat-tempat di tengah-tengah kota yang dikelilingi bangunan-bangunan tinggi lainnya.

Tempat-tempat dengan tingkat sambaran tinggi frekwensi maupun intensitasnya mendapat prioritas pertama untuk penanggulangannya, sedangkan tempat-tempat yang relatif kurang bahaya petirnya mendapat prioritas ke dua dengan pemasangan protektor yang lebih sederhana. Lokasi yang mempunyai nilai bisnis tinggi industri kimia, pemancar TV, Telkom, gedung perkantoran dengan sistem perkantoran dan industri strategis seperti hankam, pelabuhan udara memerlukan proteksi yang dilakukan seoptimal mungkin. Sambaran petir memiliki kemampuan merusak yang sangat hebat dan merugikan bagi obyek-obyek di bumi antara lain :

1. Beban termal (terjadi panas pada bagian-bagian yang dialiri oleh arus petir).
2. Beban mekanis karena timbulnya gaya elektodinamis sebagai akibat tingginya puncak arus.
3. Beban gerak mekanis karena guntur.
4. Beban tegangan lebih karena adanya induksi dan pergeseran-pergeseran potensial di dalam bangunan.

2.4.1. Kerusakan Akibat Sambaran Langsung

Kerusakan ini biasanya langsung mudah diketahui sebabnya, karena jelas petir menyambar sebuah gedung dan sekaligus peralatan listrik atau elektronik yang ada di dalamnya ikut rusak kemungkinan mengakibatkan kebakaran gedung, dan kerusakan yang parah pada peralatan PABX, kontrol AC, komputer, alat pemancar yang akan hancur total.

2.4.2. Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung

Kerusakan ini sulit diidentifikasi dengan jelas karena petir yang menyambar pada satu titik lokasi sehingga hantaran induksi melalui aliran listrik atau kabel PLN, telekomunikasi, pipa pam dan peralatan besi lainnya dapat mencapai 1 km dari tempat petir tadi terjadi. Sehingga tanpa disadari dengan tiba-tiba peralatan komputer, pemancar TV, radio, PABX terbakar dan rusak. Misalkan Petir menyambar tiang PLN lokasi A sehingga tegangan atau arusnya mencapai dan merusak peralatan rumah sakit dan peralatan telekomunikasi di lokasi B karena jarak tiang PLN (A) ke rumah sakit dan peralatan telekomunikasi tersebut (B) adalah kurang atau sama dengan 1 km.

Dengan berkembangnya teknologi yang sangat pesat hingga kini, maka pelepasan muatan petir dapat merusak jaringan listrik dan peralatan elektronik yang lebih sensitif. Sambaran petir pada tempat yang jauh sudah mampu merusak sistem elektronika dan peralatannya, seperti instalasi komputer, perangkat telekomunikasi seperti PABX, sistem kontrol, alat-alat pemancar dan instrument serta peralatan elektronik sensitif lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka

perlindungan yang sesuai harus diberikan dan dipasang pada peralatan atau instalasi terhadap bahaya sambaran petir langsung maupun induksinya. Salah satu penyebab semakin tingginya kerusakan peralatan elektronika karena induksi sambaran petir tersebut adalah karena sangat sedikitnya informasi mengenai petir dan masalah yang dapat ditimbulkannya.

2.4.3. Bahaya Loncatan Bunga Api dari Konduktor Pentanahan

Apabila bangunan tersambar petir arus petir akan mengalir menuju tanah melalui konduktor pentanahan. Bila arus petir ini cukup besar maka potensial terhadap tanah pada konduktor pentanahan tidak bisa mencapai harga yang tinggi karena tahanan pentanahan di usahakan sekecil mungkin ($<5\Omega$). Potensial yang tinggi bisa menyebabkan loncatan bunga api pada bagian metal yang berhubungan dengan tanah di sekitar konduktor tersebut. Loncatan bunga api yang timbul bisa membahayakan manusia dan bisa menimbulkan ledakan ataupun kebakaran. Pencegahan dapat dilakukan dengan menjauhkan bagian-bagian yang metal dari konduktor pentanahan.

Menurut R.H.Golde perkiraan jarak D (cm) minimal yang diperlukan untuk mengisolasi bagian-bagian metal tersebut terhadap konduktor pentanahan supaya tidak terjadi loncatan bunga api, adalah :

$$D = 0.3 R + \frac{h}{15.n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : D = Jarak aman minimum

R = Tahanan dari seluruh sistem pentanahan

h = Tinggi bangunan

n = Jumlah konduktor pentanahan

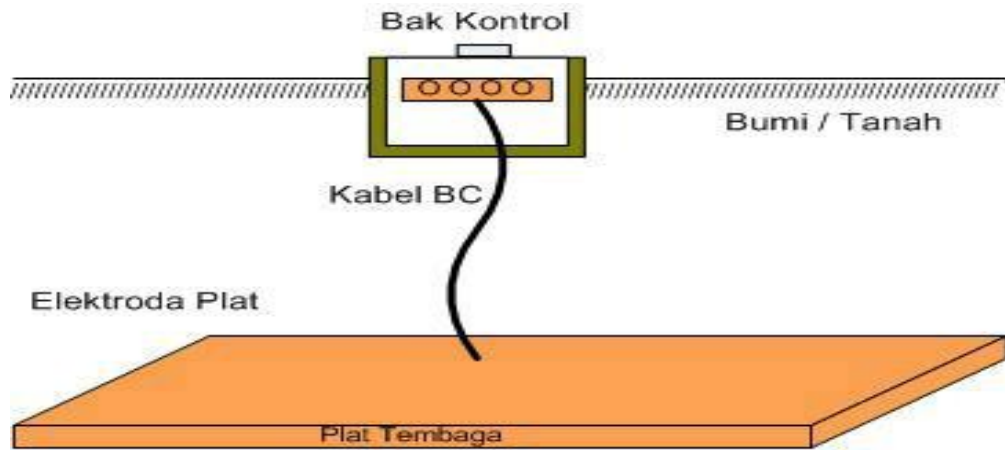
Rumus ini digunakan untuk menghitung benda-benda yang berada di sekitar konduktor pentanahan dari sistem pengamanan petir di Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan.

2.4.4. Gradien Tegangan Di Dalam Tanah

Bila arus petir mengalir ke bumi melalui elektroda pentanahan dari sistem penangkal petir maka di sekitar elektrode pentanahan itu dan mempunyai rapat muatan listrik yang amat besar. Muatan itu kemudian akan menyebar dengan arah radial keluar. Aliran muatan ini mempunyai nilai yang cukup besar pada radius yang cukup kecil, sehingga untuk beban-beban misalnya pondasi bangunan yang berada di dekat elektroda tersebut dapat mengakibatkan kerusakan akibat muatan tersebut.

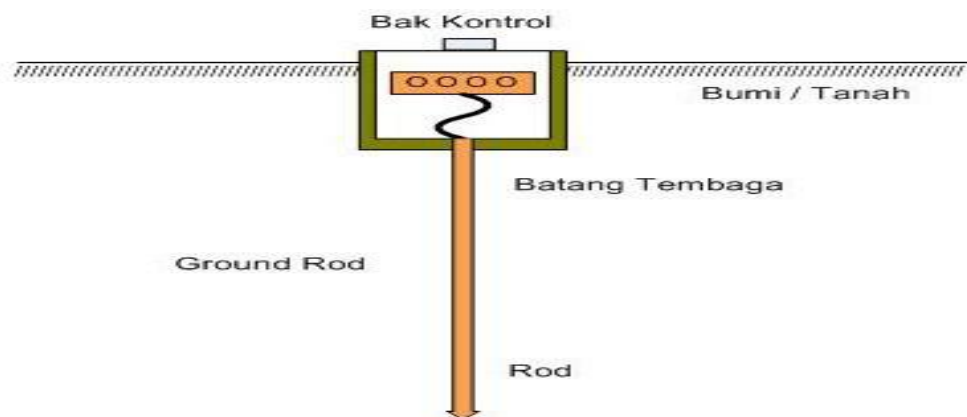
Bila gradien tegangan yang ditimbulkan melebihi tegangan tembus dari tanah maka tanah akan terisolasi. Hal ini dapat menimbulkan bahaya ataupun kerusakan pada benda-benda metal yang berada di dekat elektroda pentanahan tersebut. Seperti terjadi pada pipa-pipa ledeng, pipa gas dimana loncatan api yang ditimbulkan akibat peristiwa tembus ini dapat memecahkan sistem perpipaan tersebut. Pencegahan kerusakan akibat timbulnya tegangan tanah ini dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain.

Menanam elektroda pentanahan secara merata di sekeliling bangunan, sehingga tegangan tanah yang timbul di sekeliling bangunan dapat diperkecil.



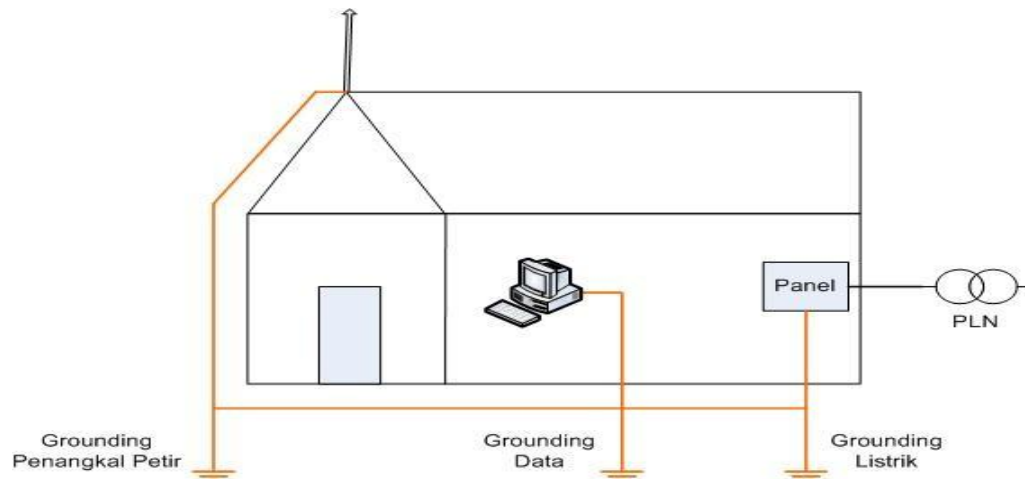
Gambar 2.5. Elektroda plat pentanahan

Memperdalam pentanahan elektroda pentanahan sehingga dari arus petir dapat menyebar di bagian permukaan sebelah dalam dari tanah relatif lebih banyak dibandingkan dengan muatan yang mengalir di permukaan tanah, sehingga tegangan tanah di permukaan dapat diperkecil.



Gambar 2.6. Memperdalam elektroda pentanahan

Menghubungkan sistem perpipaan tersebut dengan elektroda pentanahan yang terdekat atau dengan menggunakan sistem pentanahan yang berbentuk grid.



Gambar 2.7. Menghubungkan sistem perpipaan

2.5. Sistem Proteksi Petir

Porteksi petir merupakan suatu usaha untuk melindungi suatu objek dari bahaya yang diakibatkan petir, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Didasarkan pada tujuan atau sifat dari proteksi itu sendiri, proteksi petir dibagi menjadi dua jenis yaitu : proteksi sambaran petir, dan proteksi sambaran tegangan lebih petir.

Prinsip kerja antara kedua jenis proteksi tersebut di atas tentu saja berbeda. Proteksi sambaran petir lebih bersifat pencegahan (*preventif*) sedang proteksi tegangan lebih petir sifatnya tidak lagi mencegah tetapi mengurangi akibat yang ditimbulkan oleh sambaran petir, dalam hal ini apabila ada jenis proteksi yang pertama gagal melaksanakan fungsinya.

Usaha pertama yang dilakukan dalam proteksi petir adalah mencegah agar petir tidak menyambar objek yang di lindungi, untuk itu dapat dilakukan dengan dua cara atau prinsip. Pertama, membentuk semacam tameng atau perisai bagi objek yang dilindungi sehingga diharapkan nantinya bila ada petir tidak

menyambar objek melainkan menyambar tameng atau perisai tersebut. Kedua , memperkecil kemungkinan terjadinya sambaran petir.

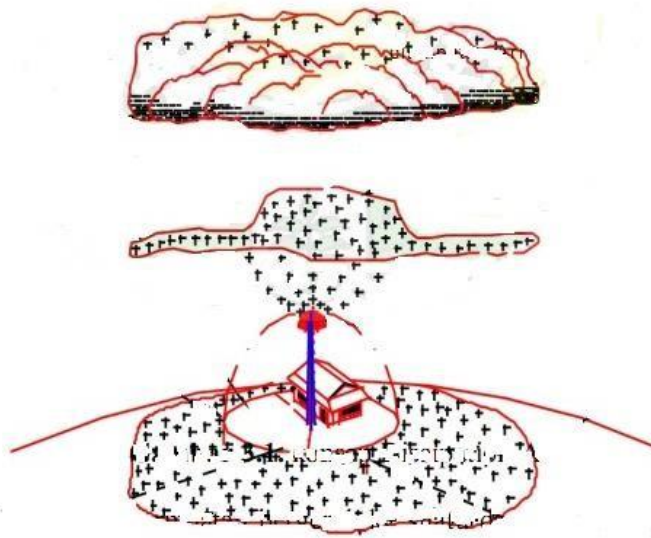
Berdasarkan cara kerjanya, sistem proteksi petir dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Penangkap Petir Konvensional

Teknik penangkal petir yang sederhana dan pertama kali dikenal menggunakan prinsip yang pertama, yaitu dengan membentuk semacam tameng atau perisai berupa konduktor yang akan mengambil alih sambaran petir. Penangkal petir semacam ini biasanya disebut *groundwires* (kawat tanah) pada jaringan hantaran udara, sedangkan pada bangunan-bangunan dan perlindungan terhadap struktur, *Benjamin Franklin* memperkenalkannya dengan sebutan *lightning rod*. Istilah ini tetap digunakan sampai sekarang di Amerika. Di Inggris dan beberapa negara Eropa menggunakan istilah *Lightning Conductor* sedang di Rusia disebut *lightning mast* yang digunakan dalam skripsi ini adalah *Lightning Conductor*. Penangkap petir konvensional sifatnya pasif, menunggu petir untuk menyambar dengan mengandalkan posisinya yang lebih tinggi dari objek sekitar serta ujung runcingnya.

2. Sistem Disipasi (*Dissipation Array System*)

Pada prinsipnya *Dissipation Array System*(DAS) tidak bertujuan untuk mengundang arus petir agar menyambar transmisi udara yang sudah disediakan, melainkan membuyarkan arus petir agar tidak mengalir ke daerah yang dilindungi. Gambar berikut menggambarkan konsep dari proteksi petir sistem disipasi (DAS).



Gambar 2.8. Konsep *Dissipation Array System*

Apabila awan bermuatan bergerak ke suatu daerah, maka akan menginduksi muatan listrik diatas permukaan tanah ataupun bangunan di bawah awan petir tersebut. Muatan yang terinduksi ini selanjutnya dikumpulkan oleh sistem pembumian DAS yang kemudian diangkat ke bentuk ion (*ionizer*) dengan fenomena yang disebut *point discharge*, yaitu setiap bagian benda yang runcing akan memindahkan muatan listrik hasil induksi ke molekul udara disekitarnya bilamana titik temunya berada pada medan elektrostatis. *Ionizer* akan menghimpun ribuan titik-titik bermuatan secara individu dan sanggup untuk melepaskan muatan-muatan listrik hasil induksi tadi secara optimal, dimana pada akhirnya dapat mengurangi beda potensial antara awan dan udara disekitar *ionizer*. Dengan kata lain medan listrik yang dihasilkan akan semakin kecil, sehingga memperkecil udara untuk tembus listrik, sehingga terjadinya petir dapat dihindari.

Ada tiga jenis prinsip penting yang dimiliki oleh penangkap petir modern, yaitu :

1. Penyaluran arus petir 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 besar sebagai streamer emission pada bagian puncak dari sistem penangkap petir terminal dan juga bebas radioaktif.
3. Memberikan jaminan keamanan terhadap objek yang dilindungi radius proteksi yang luas dari intensitas sambaran petir.

2.5.1. Penangkal Petir Eksternal

Yang disebut Penangkal Petir Eksternal adalah instalasi dan alat-alat di luar sebuah struktur untuk menangkap dan menghantar arus petir ke sistem pembumian atau berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan listrik/arus petir di tempat tertinggi. Proteksi External yang baik terdiri atas :

1. Air Terminal atau Interseptor
2. Down Conductor
3. Equipotensialisasi atau Grounding.

Instalasi penangkal petir eksternal meliputi, pengadaan susunan finial penangkal petir, pengadaan sistem penyaluran arus petir, pembuatan sistem pentanahan yaitu dengan : Pengadaan susunan finial penangkal petir, susunan finial penangkal petir dapat berupa finial batang tegak, susunan finial mendatar dan finial-finial lain dengan memanfaatkan benda logam yang

terpasang di atas bangunan seperti atap logam, menara logam, dll. Tingkat perlindungan yang diinginkan menentukan susunan dan jumlah finial, dimensi dan jenis bahan finial serta konstruksinya dan semua ini secara besaran arus petir ditentukan oleh tingginya arus puncak petir (I) dan muatan arus petir (Q).

Finial batang tegak, biasa digunakan untuk bangunan atap runcing, menara telekomunikasi. Satu hal yang perlu dipertimbangkan untuk bangunan tinggi seperti menara komunikasi adalah adanya kemungkinan kejadian sambaran samping, yang berarti harus dapat diantisipasi bahwa petir dapat menyambar mengenai antena-antena dari samping. Antena yang tersambar petir akan dialiri arus petir dan arus petir yang mengalir dapat diperkirakan besarnya berdasar sudut lindung finial terpasang, yang 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.

2.5.2. Penangkap Petir Internal

Penangkal Petir Internal berarti proteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir. Terutama efek medan magnet dan medan listrik pada instalasi metal atau sistem listrik. Proteksi Internal terdiri atas :

1. Pencegahan sambaran langsung
2. Pencegahan sambaran tidak langsung
3. Equipotesialisasi
4. Peralatan Proteksi Petir

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, pentanahan 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.

2.5.3. Pembuatan Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan berfungsi sebagai sarana mengalirkan arus petir yang menyebar 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 bukannya 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 pentanahan akan semakin tinggi pula tegangan pada penyama potensial (potential equalizing bonding) sehingga upaya perlindungan internalnya akan lebih berat.

2.5.4. 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.

2.6. Proteksi Pembumian

Bagian terpenting dalam instalasi sistem penangkal petir adalah sistem pembumiannya. Kesulitan pada sistem pembumian biasanya karena berbagai macam jenis tanah. Hal ini dapat diatasi dengan menghubungkan semua metal Equipotensialisasi dengan elektrode tunggal yang ke arah ditanam ke dalam bumi. Untuk dapat mengantisipasi perkembangan peralatan listrik dan elektronika, maka peralatan proteksi dalam Konsep Daerah Proteksi yang berorientasi pada *Electromagnetic Compatibility-EMC* juga mempunyai tugas yang disesuaikan dengan kebutuhan tersebut.

2.7. Perlindungan Untuk Bangunan

Penyebab dari pada kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir terutama adalah besarnya amplitudo arus petir dan kecuraman arus petir, dimana amplitudo arus petir berkisar antara 5000 Ampere sampai 200.000 Ampere. Kerusakan bangunan yang disambar dapat berupa kerusakan thermis, misalkan bagian yang tersambar terbakar dan dapat pula berupa kerusakan mekanis. Misalkan sambaran petir mengenai atap bangunan yang mengakibatkan bangunan atau tembok menjadi retak ataupun menjadi roboh.

Perlindungan pada bangunan terhadap sambaran petir sangat di anjurkan dimana akibat sambaran petir pada bangunan bukan hanya akan merusak bangunan itu sendiri, tapi juga pada manusia yang mendiami bangunan tersebut. Letak ukuran dan bentuk bangunan sangat mempengaruhi sukar atau mudahnya bangunan tersambar dan juga apakah sambaran akan menimbulkan kerusakan yang parah atau tidak.

2.7.1. Kebutuhan Bangunan Akan Adanya Instalasi Penangkap Petir

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan instalasi penangkal petir, ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerusakan serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir. Besarnya kebutuhan itu dapat diperhitungkan secara empiris berdasarkan indeks-indeks yang menyatakan factor- faktor tertentu seperti diperlihatkan pada tabel di bawah ini. Dari Penjumlahan indeks-indeks ini akan diperoleh nilai perkiraan bahaya akibat sambaran petir.

Tabel 2.1. Indeks A - Macam struktur bangunan

No.	Penggunaan dan Isi	Indeks A
1	Bangunan dan isinya jarang digunakan	0
2	Bangunan tempat tinggal, toko, pabrik kecil	2
3	Bangunan dan isinya cukup penting misalnya menara	2
4	Bangunan untuk umum, misalnya bioskop, sekolah,	3
5	Instalasi gas, bensin, dan rumah sakit	5
6	Bangunan yang mudah meledak	15

Tabel 2.2. Indeks B - Macam konstruksi bangunan

No.	Konstruksi Bangunan	Indeks B
1	Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah	0
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau	1
3	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau	2
4	Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 2.3. Indeks C - Macam konstruksi tinggi bangunan

No.	Tinggi Bangunan (dalam meter)	Indeks C
1	0 sampai dengan 6	0
2	> 6 sampai dengan 12	2
3	> 12 sampai dengan 17	3
4	> 17 sampai dengan 25	4
5	> 25 sampai dengan 35	5
6	> 35 sampai dengan 50	6
7	> 50 sampai dengan 70	7
8	> 70 sampai dengan 100	8
9	> 100 sampai dengan 140	9
10	> 140 sampai dengan 200	10

Tabel 2.4. Indeks D - Macam situasi bangunan

No.	Situasi Bangunan	Indeks D
1	Pada tanah datar di semua ketinggian	0
2	Di kaki bukit sampai tiga per empat tinggi bukit atau di	1
3	Di puncak gunung atau pegunungan lebih dari 1000	2

Tabel 2.5. Indeks E - Macam hari guntur per tahun

No.	Hari Guntur Per tahun	Indeks E
1	2	0
2	4	1
3	8	2
4	16	3
5	32	4
6	64	5
7	128	6
8	256	7

Tabel 2.6. Indeks F - Perkiraan bahaya

$R=A+B+C+D+E$	Perkiraan Bahaya	Instalasi Petir
< 11	Diabaikan	Tidak Perlu
11	Kecil	Tidak Perlu
12	Sedang	Agak Dianjurkan
13	Agak Besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat Dianjurkan
> 14	Sangat Besar	Sangat Perlu

Indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu seperti yang ditentukan pada Tabel 2.1 sampai dengan Tabel 2.5 sedangkan Tabel 2.6 merupakan dari indeks-indeks yang dipilih dari tabel-tabel sebelumnya dimana hasil penjumlahan tersebut (R) merupakan indeks perkiraan bahaya akibat sambaran petir, jadi :

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

Dimana semakin besar nilai R maka semakin besar pula bahaya serta kerusakan yang di timbulkan dari sambaran petir.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Sistem Penangkap Petir

Instalasi penangkal petir adalah merupakan suatu sistem yang menggabungkan komponen-komponen dan peralatan-peralatan yang secara keseluruhan berfungsi sebagai penangkal petir yang menyalurkan sambaran petir ke tanah. Sistem tersebut dipasang sedemikian rupa sehingga semua bagian dari bangunan beserta isinya atau benda-benda di dalamnya terlindungi dan terhindar dari bahaya sambaran langsung maupun tak langsung. Instalasi ini di kelompokkan menjadi bagian penghantar di atas tanah dan penghantar di dalam tanah.

Dengan pemasangan instalasi penangkal petir tidak menambah atau mengurangi kemungkinan suatu bangunan atau peralatan terkena sambaran petir, akan tetapi bila terjadi sambaran petir rusaknya akan disalurkan ke tanah lewat instalasi penyaluran sehingga bangunan dan peralatan di dalamnya terlindungi. Ada beberapa cara yang bisa digunakan, antara lain:

1. Penangkap petir sistem Franklin
2. Penangkap petir sistem Faraday

3.1.1. Fungsi Perlindungan Dari Instalasi Penangkap Petir

Untuk hal tersebut di atas diperlukan penangkal petir yang sangat handal terutama untuk gedung, fasilitas umum dan pusat bisnis yang mengandalkan komputer atau peralatan elektronik untuk seluruh kegiatan bisnisnya. Ada 4 kriteria yang harus diperhatikan dalam sistem penangkal petir untuk dapat mengikuti standar dunia yang telah teruji antara lain:

1. Jaringan *Air Termination*
2. Penghantar atau *down conductors*
3. Jaringan pembumih atau *grounding*
4. Bonding untuk menghindari *side flashing*

Korosi adalah hal yang sering terjadi pada sistem penangkal petir. Dengan mutu material yang rendah banyak dijumpai penangkal petir yang terpasang hanya baik untuk 3-12 bulan. Setelah korosi terjadi pada semua komponen, sistem penangkal petir tidak lagi menghantarkan dengan sempurna. Akibatnya jelas kerugian material sampai bahaya kematian bagi manusia pasti akan semua sistem penangkal petir terbuat dari material tembaga murni, bukan campuran dan kualitas pabrik yang baik.

3.1.2. Penangkap Petir Sistem *Franklin*

Penangkap petir sistem *Franklin* menggunakan ide melindungi kerucut, dimana jari-jari alasnya sama dengan tinggi kerucut. Tinggi penangkap petir dari permukaan tanah ke puncak penangkap petir di gedung Balai Diklat Keagamaan Medan tingginya 54 meter dimana daerah yang terlindungi di daerah bawah merupakan luas lingkaran dengan jari-jari 10 meter. Luas perlindungan sama dengan,

$$R = \pi \cdot r^2 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$R = 3,14 \cdot 54^2$$

$$= 9156,24 \text{ m}^2$$

Dimana: $\pi = 3,14$

r = jari-jari lingkaran yang terlindungi

h = tinggi bangunan

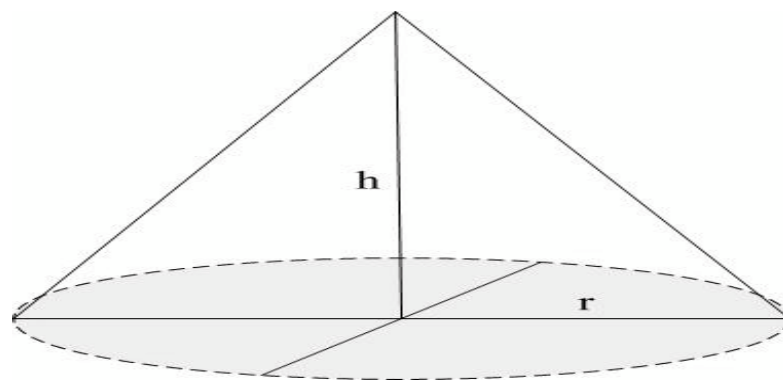
Dan isi kerucut yang dilindungi :

$$= \frac{1}{3} \cdot \pi^2 \cdot h \dots\dots\dots (3.2)$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 3,14^2 \cdot 54$$

$$= 177,47 \text{ m}^3$$

Jenis penangkap petir dengan sistem Franklin ini banyak dipakai karena ekonomis. Metode ini menggunakan konduktor yang mampu melindungi wilayah dalam bentuk kerucut dengan ketinggian sebanding dengan radius bagian atasnya. Metode ini sesuai digunakan untuk bangunan menara masjid atau gereja, cerobong asap, menara *tower*, antena pemancar radio, gedung-gedung yang tinggi dimana area yang harus dilindungi berbentuk kerucut dan juga biaya instalasi tidak terlalu mahal.



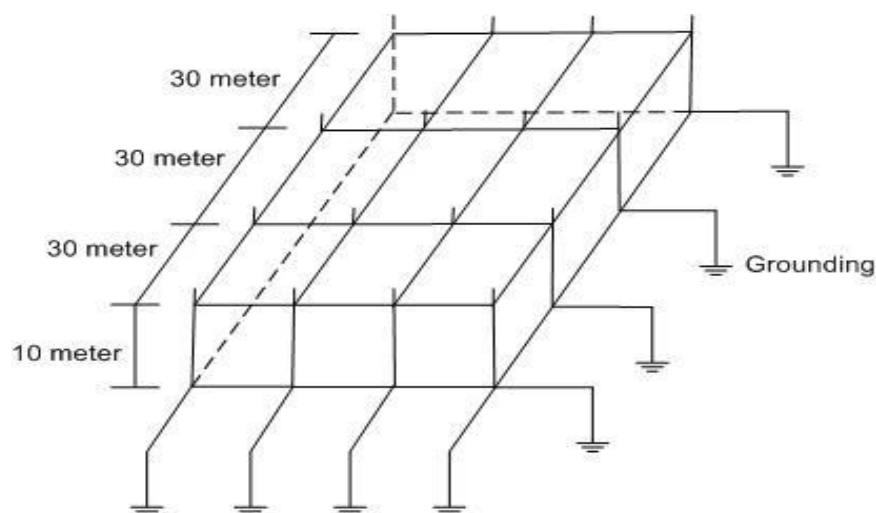
Gambar 3.1. Radius Perlindungan Sistem *Franklin*

3.1.3. Penangkap Petir Sistem *Faraday*

Penangkap petir sistem *Faraday* ini adalah dengan cara membuat kurungan *Faraday* atau sangkar *Faraday* adalah dengan menyusun dan mendirikan tiang-tiang yang tingginya disesuaikan dengan bangunan yang akan dilindungi dari sambaran petir, dimana satu dan lainnya dihubungkan dengan kawat-kawat tembaga dan masing-masing kawat tembaga tersebut dihubungkan ke arde yang membentuk kurungan atau sangkar yang mempunyai mata jala dengan jarak tidak lebih dari 30 meter antar titik potongannya. Sistem penangkap petir jenis *Faraday* ini lebih mahal dibandingkan dengan sistem penangkap petir jenis *Franklin*.

Metoda sistem penangkal petir jenis Faraday ini mempunyai banyak terminal udara atau finial yang memiliki tinggi sekitar 1-2 meter dan terpasang ke arah menjulang ke atas langit dan digabungkan dengan kawat tembaga menjadi satu kesatuan saling berhubungan pada jalur di atas sampai ke bawah sehingga membentuk sangkar yang berjala-jala yang tidak melebihi 30 meter dan pada tiap-tiap pertemuannya terdapat terminal udara (finial).

Finial adalah tombak penangkap petir yang biasanya dipasang pada bangunan atap datar yang menggunakan instalasi penangkal petir jenis sangkar Faraday. Sistem ini kurang memuaskan karena area di antara kawat-kawat tembaga tidak terlindungi kecuali pada tempat ini juga dipasang terminal dengan kawat tembaga yang lebih besar. Sistem ini memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem Franklin, karena arus yang lewat di tiap titik yang ada terbagi secara acak di antara terminal, akan tetapi sistem ini akan tetap efektif apabila terkonsentrasi pada satu titik terminal menjulang seperti pada sistem Franklin. Sistem ini juga lebih mahal karena area yang dilindungi harus dipasang terminal sesuai dengan luas atapnya.



Gambar 3.2. Penangkap Petir Sistem *Faraday*

Berikut ini penjelasan untuk perbandingan sistem penangkal petir makadi diperoleh kesimpulan bahwa sistem Franklin lebih cocok digunakan pada perencanaan sistem penangkal petir di gedung Balai Diklat Keagamaan Medan.

Tabel 3.1. Perbandingan Sistem Penangkap Petir

Jenis Perlindungan	Sistem Franklin	Sistem Faraday
Radius Perlindungan	Sistem Menggunakan bentuk Kerucut, dimana tinggi penangkal petir mempengaruhi radius perlindungan.	Hanya sebatas daerah yang di pasang finial.
Ekonomis	Biaya instalasi lebih murah, karena hanya dipasang pada satu titik dan bisa menggunakan satu arde.	Biaya instalasi lebih mahal, karena finial yang terpasang harus seluas atap bangunan dan memiliki masing-masing arde.
Kemampuan Menangkap Petir	Lebih cepat menangkap petir.	Penangkapan petir tidak begitu cepat, karena ketinggian finial relatif.
Faktor Lingkungan	Aman terhadap lingkungan.	Aman terhadap lingkungan.



Gambar 3.3. Finial Penangkal Petir

3.2. Sistem Penumbumian

Sistem penumbumian atau pentanahan yang efektif adalah permintaan dasar dari semua struktur bangunan modern selain itu juga diperlukan untuk sistem operasional dari segi keamanan terhadap kebocoran tegangan listrik. Penumbumian umumnya merupakan keharusan untuk keperluan peralatan antar lain:

1. Pembangkit listrik serta sistem transmisi dan distribusinya.
2. Penangkappetir.
3. Pembuangan listrik statis.
4. Telekomunikasi.
5. Peralatan komputer

3.2.1. Konduktor

Untuk konduktor di dalam tanah, sebaiknya di gunakan tembaga yang tahan terhadap korosi dan ekonomis plat tembaga atau cooper tapes sangat cocok untuk sistem yang memerlukan kehandal dalam jangka waktu yang lama.



Gambar 3.4. Sudut Pembelokan Sambungan Konduktor

3.2.2. *Earth Rods* dan *Earth Plates*

Untuk mencapai pembumian yang efektif diperlukan batangan tembaga *Earthrods* yang ditanam ke dalam tanah dengan kedalaman tertentu. Namun bila kedalaman tanah terbatas misal, di tanah yang berbatu dapat juga menggunakan lembaran tembaga *Earth plate*. Lembaran tembaga juga digunakan sebagai proteksi terutama di gardu listrik tenaga ekstratinggi.

3.2.3. Konektor dan Terminal

Konduktor yang baik juga memerlukan konektor yang baik untuk penyambungan, selain itu terminal dengan kualitas tinggi tidak kalah pentingnya untuk membangun sistem yang handal dan tahan lama. 70% gangguan yang terjadi pada instalasi pembumian terjadi karena sambungan yang tidak sempurna dan terminasi yang longgar. Ini semua diperburuk oleh korosi alamiah, namun bila mana kita menggunakan material dengan mutu yang baik semua gangguan dapat diperkecil. Berikut ini beberapa contoh gambar konektor dan terminal:



Gambar 3.5. Klem Kabel

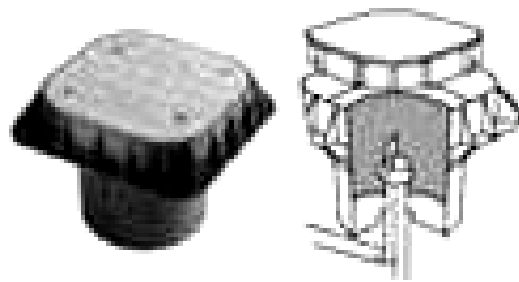


Gambar3.6.KlemPenjepit

Gambar3.7.*BareCopperTape*

3.2.4. *Earth Inspection Pits*

Batang tembaga yang ditanam di tanah harus mempunyai bak-kontrol yang memadai guna memudahkan pemeliharaan dan menjaga kualitas pbumiantetapprima.sistembakkontrolPVCdidesainsangatefficientdan dapatmenahanberatsampai5Ton,sehinggaamanuntukdi pasangdijalanyang dilaluikendaraan.

Gambar3.8.Bakkontrol*EarthInspectionPits*

3.2.5. Sistem Perlindungan *Elektronic Transient Over Voltage*

Surge atau lonjakan tegangan tinggi meskipun terjadi sesaat bahkan tidak lebih dari $1/20$ detik cukup dapat merusak peralatan elektronik yang sensitif. Umumnya peralatan listrik (AC) dapat bekerja dengan baik dengan tegangan yang berkisar $\pm 10\%$ dan dapat bertahan pada tegangan 700V untuk durasi tidak lebih dari 200 microdetik.

Karena surge terjadi sangat cepat, sehingga kejadian tersebut tidak dapat dilihat mata kita, namun percayalah bahwa dalam 1 hari terjadi banyak *transient* atau *overvoltage*, surge dengan sekali bervariasi mulai dari beberapa volts saja sampai ribuan volt per kejadian. Fungsi perlindungan dari instalasi penangkal petir untuk proteksi peralatan seperti, Komputer, *Data communication network*, Building management, PABX, CCTV, Alarm, Telekomunikasi, PLC.

3.3. *Earthing (Arde)*

Batang elektroda pentanahan atau arde merupakan peralatan yang terbuat dari bahan tembaga yang bersifat konduktor atau penghantar yang baik, Batang elektroda pentanahan atau arde ini ditanam ke dalam tanah dan berfungsi sebagai penyalur atau meneruskan arus listrik dari konduktor arde ke dalam bumi. Spesifikasi arde yang dibutuhkan antara lain:

1. Sangat diperlukan kondisi arde yang baik agar mampu menghilangkan arus petir dengan cara cepat dan aman ke dalam bumi.
2. Yang memiliki tahanan tanah $< 5 \text{ ohm}$.

Tujuan utama dari

berbagai sistem pentanahan tersebut adalah untuk mendapatkan tahanan kontak ke

tanah yang cukup kecil. Untuk mengetahui sejauh mana tahanan kontak tanah dapat diperkecil.

3.3.1. Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan pengetanahan dan kapasitas di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor, antara lain:

1. Jenis tanah: tanah liat, tanah berpasir, tanah berbatu.
2. Lapisan tanah: lapisan tanah berlapis dengan tahanan jenis berlainan.
3. Kelembaban tanah
4. Suhu/ Temperatur tanah.

Tahanan jenis tanah bervariasi dari 500 sampai dengan 500.000 Ohm per cm^3 . kadang-kadang harga ini dinyatakan dalam Ohm-cm. pernyataan ohm-cm merepresentasikan tahanan di antara dua permukaan yang berlawanan dari suatu volume tanah yang berisi 1cm^3 . Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pengetanahan dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda sampai mencapai kedalaman tertentu di mana terdapat air tanah yang konstan. Pada sistem pengetanahan yang tidak mungkin atau tidak perlu untuk ditanam lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang konstan, di mana variasi tahanan jenis tanah sangat besar.

Untuk mengukur tahanan jenis tanah diperlukan setelah diperoleh harga tahanan jenis tanah, dan biasanya diambil harga yang tertinggi, maka berdasarkan harga tahanan jenis tanah tersebut dibuat perencanaan pengetanahan. Jadi pada suatu perencanaan pengetanahan, pengukuran tahanan jenis tanah pada tempat di mana didirikan penangkal petir sebaiknya dilakukan terlebih dahulu.

3.3.2. Konfigurasi Penanaman Elektroda Tanah

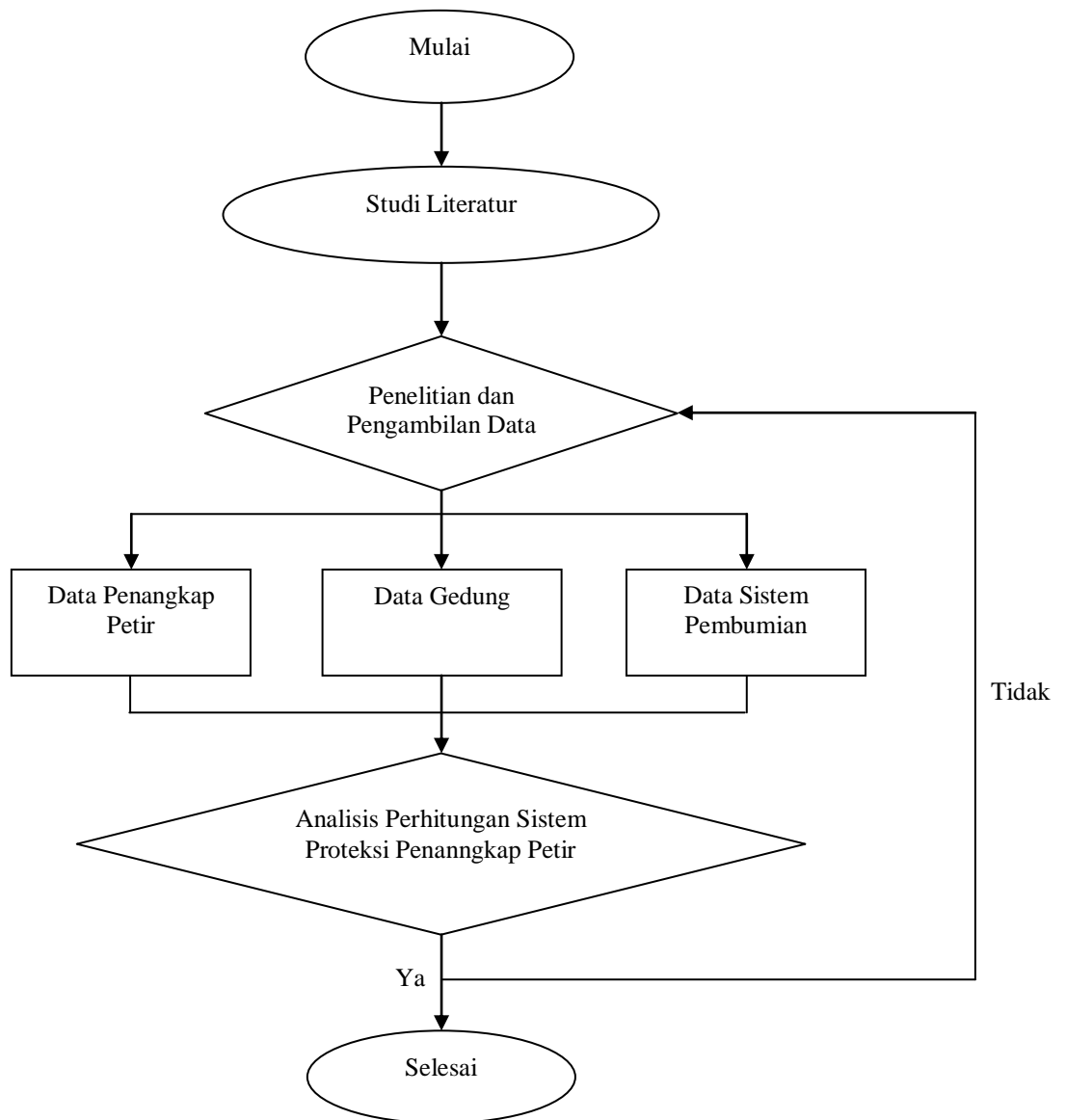
Elektroda yang banyak digunakan adalah elektroda berbentuk batang dan elektroda strip. Dimana elektroda batang tersebut ditanam ke dalam tanah dengan cara vertikal dan elektroda strip ditanam ke dalam tanah dengan cara horizontal. Elektroda batang banyak digunakan karena mudah pemasangannya terutama dapat memenuhi syarat nilai tahanan yang dibutuhkan, dapat juga dilakukan pemasangan beberapa elektroda secara paralel dan mempunyai keuntungan antara lain; misalkan elektroda berada pada dua lapisan tanah yang mempunyai tahanan jenis yang berlainan, maka seandainya lapisan tanah yang di atas mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi tetapi lapisan tanah di bawahnya mempunyai tahanan jenis tanah yang rendah, maka elektroda pentanahan tetap dapat mencapai nilai tahanan jenis tanah yang rendah.

Elektroda strip digunakan bila manan lapisan tanah di bawah permukaan tanah yang dangkal mempunyai tahanan jenis tanah yang rendah, sedangkan lapisan di bawahnya terdiri dari jenis tanah yang keras yang memiliki tahanan jenis tanah yang tinggi. Sering juga dikombinasikan antara penanaman elektroda yang *vertikal* dengan yang *horizontal* untuk mencapai hasil yang lebih memuaskan.

Tabel 3.2. Data sistem pembumian

No.	Data	Nilai dan Jenis
1	Bahan konduktor	Tembaga
2	Diameter konduktor	70 mm
3	Selubung konduktor	Pipa galvanis
4	Diameter selubung	1,25 inchi
5	Jarak pembumian	5 m
6	Tahanan pembumian	5-15 <i>ohm</i>
7	Ukuran bak kontrol	40 x 40 x 40

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.9. Diagram alir penelitian

3.4.1. Metode Perhitungan Kemungkinan Bangunan Tersambar Petir

Untuk bangunan yang terletak dibawah awan bermuatan dimensimasing-masing bangunan sangat terpengaruh pada besarnya kemungkinan untuk tersambar petir karena luasnya daerah yang menarik untuk tersambar petir itu tergantung pada dimensi daribangunannya. Selain itu intensitas dari arus kilat pun sangat mempengaruhi luas daerah disekitar bangunan yang menarik untuk tersambar petir semakin besar intensitas arus petir, semakin besar pula luas daerah yang menarik untuk tersambar petir karena jarak sambaran petirnya semakin besar. Menurut Golde RH luas daerah disekitar bangunan yang mudah tersambar petir dapat ditentukan dengan cara:

1. Gambarkan denah bangunan, kemudiandari gambar tersebut gambarkan luas daerah yang menarik untuk tersambar petir.
2. Hitung luas daerah yang menarik untuk tersambar petir pada denah bangunan tersebut (F dalam Km^2). Bila jarak sambaran petir pada bangunan telah diketahui (d), maka kemungkinan luas daerah yang menarik untuk tersambar petir dapat ditentukan dengan rumus:

$$F=(d)^2 \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

F =Luas daerah yang menarik untuk tersambar petir (km^2).

d =Jarak sambaran petir

3. Ditentukan besaran jumlah sambaran petir per hari per km² (N_E) dengan bantuan rumus:

$$N_E = (0.1 + 0.35 \sin \lambda)(0.4 + 0.2) \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

N_E = Besarnya jumlah sambaran petir per hari per km²

γ = Garis lintang geografis bangunan tersebut (⁰).

4. Ditentukan jumlah sambaran petir per tahun per km² ditempat tersebut = IKL ditempat tersebut dikali N_E. Besarnya IKL untuk tempat-tempat di pulau Jawa digambarkan pada Lampiran A. Besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun adalah:

$$L = F \times IKL \times N_E \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

L = Besarnya kemungkinan bangunan tersambar petir/tahun

IKL = Iso Keraunic Level

N_E = Besarnya jumlah sambaran petir per hari per km²

F = Luas daerah yang menarik untuk tersambar petir (Km²).

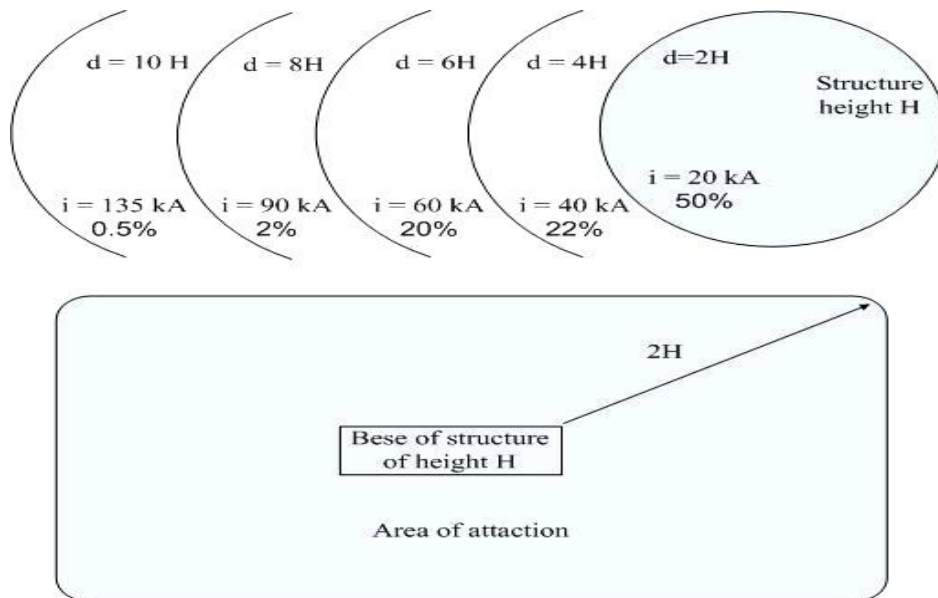
Luas daerah yang menarik sambaran petir di mana besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir. Adapun dalam perencanaan instalasi penangkal petir ini diasumsikan bahwa besarnya penangkal petir untuk wilayah kota Jakarta berkisar 20.000 ampere sehingga dalam perencanaan nanti menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

$$d = 2.h \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

d = Jarak sambaran petir

h = Tinggi bangunan.



Gambar 3.10. Luas Daerah yang Menarik Sambaran Petir

Dengan demikian bila jumlah hari guruh per tahun, dimensi serta lintang geografis bangunan tersebut diketahui, maka untuk suatu harga tertentu arus petir dan frekuensinya, dapat dihitung besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun.

3.4.2. Perhitungan Kegagalan Penangkap Petir

Apabila telah diketahui suatu besaran luas dan suatu ketinggian batang vertikal pelindung petir, maka dihitung besar arus yang akan mengakibatkan terjadinya kegagalan penangkal petir.

$$X_a = \sqrt{2 \cdot H \cdot r_s \cdot H^2}, \text{ dan}$$

$$r_s = 9,4 \cdot I^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (3.7)$$

Maka didapat dari kedua persamaan di atas :

$$X_a = \sqrt{2 \cdot H \cdot 9,4 \cdot I^{\frac{2}{3}} - H^2} \dots\dots\dots (3.8)$$

Atau arus maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan adalah :

$$I = \left[\frac{X_a^2 + H^2}{18,8 \cdot H} \right]^{\frac{3}{2}} kA \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

X_a = jarak perlindungan antar proyeksi perlindungan petir pada bidang

dan batas daerah perlindungan (m)

H = ketinggian batas perlindungan (m)

r_s = jarak sambaran (m)

Kemungkinan besaran arus kurang atau sama dengan I dari harga yang di dapat pada persamaan (3.9) dan dihitung kemungkinan dari arus I (kA) untuk lebih dapat dituliskan:

$$P_1 = \left(\frac{1}{1 + \left[\frac{I}{25} \right]^2} \right) \dots\dots\dots (3.10)$$

Setelah mendapat harga-harga P_1 dapat diketahui kemungkinan arus lebih kecil atau sama dengan I yang menghasilkan satu kegagalan.

$$P_{IF} = (1 - P_I) \dots\dots\dots (3.11)$$

Dimana:

P_{IF} =kemungkinanaruslebihkecildariI(kA).

P_I =kemungkinanmelebihiarus I(kA).

3.4.3. Sambaran Yang Diharapkan Pertahun

Untuk menghitung resiko kegagalan perlindungan jumlah sambaran yang diharapkan akan terjadi pada suatu daerah, perlu diketahui lebih dahulu jumlah sambaran petir (N_o), dan persamaannya kenaikan pada permukaan yang seperti diberikan pada persamaan rumus sebagai berikut:

$$S = a.b + 4.h.(a+b) + 4.h^2 \dots\dots\dots (3.12)$$

Dimana:

a =ukuran lebar pada puncak bangunan(m)

b =ukuran panjang puncak bangunan(m)

h =ketinggian bangunan(m)

Hasil perkalian persamaan (3.12) dengan jumlah sambaran petir (N_o) dapat ditentukan sambaran yang diharapkan dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N_L = S.N_o \dots\dots\dots (3.13)$$

Dimana:

N_L =sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran tahunan) S

=penarik sambaran pada permukaan (m^2)

N_o =jumlah sambaran petir (sambaran tahunan/ km^2)

Resiko kegagalan perlindungan dari perkalian hasil persamaan (3.11) dan persamaan(3.12) dapatdi ketahuidandicarinilaireisiko kegagalan perlindungan. Hasilini dapatdibandingkan untuksetiap tahunnya, seperti diberikan pada persamaan berikut:

$$P_{fr} = P_{IF} \cdot N_L \dots\dots\dots (3.14)$$

Dimana:

P_{fr} = resiko kegagalan perlindungan

P_{IF} = kemungkinan arus lebih kecil dari I(kA)

N_L = sambaran yang diharapkan per tahun (sambaran tahunan).

BAB IV

PERHITUNGAN SISTEM PROTEKSI PENANGKAP PETIR PADA

GEDUNG BALAI DIKLAT KEAGAMAAN MEDAN

4.1. Penangkap Petir Pada Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan

Sambaran petir terhadap bangunan dapat mengakibatkan kerusakan dan bahaya yang di akibatkannya, maka pada yang tinggi dibutuhkan suatu peralatan pelindung terhadap sambaran petir. Sehingga di butuhkan istallasi penangkal petir yang dapat berfungsi dengan baik guna mengamankan bangunan, peralatan di dalam bangunan dan orang-orang yang bekerja di dalam bangunan tersebut.

Berdasarkan hal tersebut dapat diperkirakan bahwa sistem penangkal petir yang baik utuk gedung tinggi dan runcing atau memiliki menara atau tower yang tinggi adalah sistem penangkal petir jenis Franklin. Dengan menggunakan model atau prinsip metode penggunaan praktis dihitung kemungkinan bangunan tinggi tersambar petir dan proteksi petir pada bangunan. Sebagai aplikasi metode, perhitungan dipakai untuk menghitung proteksi sambaran petir pada bangunan gedung Balai Diklat Keagamaan Medan.

4.1.1. Data-Data Bangunan Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan

Dilihat dari bentuk dan peruntukan bangunan gedung Balai Diklat Keagamaan Medan seperti pada gambar 4.1. Analisa data pada gedung Balai Diklat Keagamaan Medan ini adalah sebagai berikut :

- Bangunan banyak orang bekerja di dalamnya.
- Konstruksi beton bertulang
- Bahan dinding samping terdiri dari tembok dan kaca.
- Memiliki menara pemancar radio link dengan ketinggian 40 meter dan terletak di lantai 7.
- Tinggi bangunan 14 meter dan tinggi menara 40 meter jadi total tinggi 54 meter.
- Ukuran dasar bangunan 45 x 35 meter
- Jumlah hari guruh per tahun untuk kota Jakarta memiliki IKL rata-rata setiap tahun sebesar 70.
- Daerah tersebut terletak di ketinggian ± 13 meter dari permukaan laut.
- Letak geografis kota Jakarta berada pada posisi 6° s/d 12° lintang selatan. Maka diharuskan memiliki sistem proteksi penangkal petir yang dapat di andalkan guna mengamankan menara dan bangunan gedung ini dari sambaran petir.



Gambar 4.1. Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan

4.1.2. Data Perlindungan Petir Tegak

Jenis perlindungan petir yang digunakan adalah jenis Franklin, pelindung petir batang tegak terdiri dari kepala berujung runcing dan batang besi peninggi yang terpasang tegak. Pemasangan sebagai berikut :

- Dilakukan pemasangan Satu buah batang finial dan besi batang tegak setinggi 3 meter dan di pasang pada tower pada bagian atasnya setinggi 45 meter.
- Jarak pemasangan perlindungan petir tegak dengan sisi bangunan bagian tepi adalah kurang lebih 5 meter.

4.1.3. Resiko Kegagalan Proteksi

Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah diberikan sebelumnya, maka akan dihitung kegagalan proteksi berdasarkan data-data yang ada. Dengan memilih besaran arus minimum (dianjurkan 5 kA) dapat diketahui jarak sumber yang terjadi dengan memakai persamaan rumus sebagai berikut :

$$r_s = 9,4 \cdot I^{\frac{2}{3}}, \text{ dimana } I = 5^2 = 25$$

$$r_s = 9,4 \cdot \sqrt[3]{25}$$

$$r_s = 9,4 \cdot 2,924$$

$$r_s = 27,5 \text{ meter}$$

Dengan di ketahuinya data-data bangunan maka, dapat diketahui dan dicari batas dari daerah proteksi dengan menggunakan persamaan (3.8), dengan parameter r_s = jarak sambaran (m), X_a = jarak perlindungan antar proteksi pelindung petir pada bidang dan batasan dari daerah perlindungan (m) dan H = ketinggian batas perlindungan (m).

$$X_a = \sqrt{2 \cdot H \cdot 9,4 \cdot I^{\frac{2}{3}} - H^2}$$

$$X_a = \sqrt{2 \cdot 54 \cdot 27,5 - 54^2}$$

$$X_a = 7,348 \text{ meter}$$

Arus maksimum yang dapat menggagalkan proteksi dapat dihitung berdasarkan persamaan (3.9).

$$I = \left[\frac{Xa^2 + H}{18,8.H} \right]^{\frac{3}{2}} kA$$

$$I = \left[\frac{7,348^2 + 54^2}{18,8.54} \right]^{\frac{3}{2}} kA$$

$$I = \sqrt[3]{\frac{7,348^2 + 54^2}{18,8.54}} kA$$

$$I = 3,0039 kA$$

Dari harga arus maksimum ini dicari kemungkinan untuk mendapatkan serangan dengan besaran arus akan berkurang atau sama dengan sebuah penghasil kegagalan didekatkan dengan persamaan (3.11) dengan parameter P_{IF} dimana kemungkinan arus lebih kecil dari 1 kA, P₁ dimana kemungkinan melebihi arus 1 kA.

$$P_1 = \left(\frac{1}{1 + \left[\frac{I}{25} \right]^2} \right)$$

$$P_1 = \left(\frac{1}{1 + \left[\frac{5.0039}{25} \right]^2} \right)$$

$$P_1 = 0,96148$$

$$P_{IF} = (1 - P_1)$$

$$P_{IF} = (1 - 0,96148)$$

$$P_{IF} = 0,03852$$

Dari data yang telah ada, diketahui bahwa hari guruh pertahun (IKL) yang terjadi untuk daerah Jakarta adalah 70. Oleh karena itu kerapatan sambaran petir ditentukan dengan persamaan yang dianjurkan untuk di Indonesia adalah :

$$N_o = 0,15 \cdot T_d$$

$$N_o = 0,15 \cdot 70 = 10,5 \text{ sambaran tahun/km}^2$$

Persamaan penarikan sambaran pada permukaan didapat dengan menggunakan persamaan (3.12) dengan parameter, a = ukuran lebar pada puncak bangunan (m), b = ukuran panjang puncak bangunan (m), h = ketinggian bangunan (m) sehingga :

$$S = a \cdot b + 4 \cdot h \cdot (a + b) + 4 \cdot h^2$$

$$S = (45 \cdot 35) + 4 \cdot 45 \cdot (45 + 35) + 4 \cdot (45)^2$$

$$S = 24075$$

Sambaran yang diharap pertahun dapat dicari dengan persamaan (3.13) dengan parameter N_L = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran-tahun), S = penarikan sambaran pada permukaan (m^2), N_o = jumlah sambaran petir (sambaran-tahun/ km^2).

$$N_L = S \cdot N_o$$

$$N_L = 24075 \times 10,5 \times 10^{-6} = 0,25 \text{ sambaran-tahun}$$

Maka sambaran yang terjadi $1/0,25 = 4$ tahun

Resiko kegagalan proteksi didapat dengan menggunakan persamaan (3.14) dengan parameter P_{fr} = resiko kegagalan perlindungan, PIF = kemungkinan arus lebih kecil dari 1 (kA) dan N_L = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran- tahun).

$$P_{fr} = PIF \cdot N_L$$

$$P_{fr} = 0,03852 \cdot 0,25$$

$$P_{fr} = 0,00963$$

Sehingga kegagalan proteksi yang terjadi $1/0,00963 = 103,8$ tahun.

4.1.4. Hasil Dari Semua Perhitungan Resiko Kegagalan Proteksi

- Arus maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan adalah : $I = 5,0039$
- Kemungkinan arus kurang atau sama dengan I adalah : $PIF = 0,03852$
- Sambaran yang diharapkan adalah : $N_L = 0,25$ sambaran atau, satu sambaran untuk setiap 4 tahaun.
- Resiko kegagalan proteksi adalah : $P_{fr} = 0,00963$ sambaran atau, satu kegagalan proteksi untuk setiap 103,8 tahun.

4.2. Perhitungan Teknis Kemungkinan Terjadinya Sambaran Petir Pada Gedung

Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan ini, dimana menurut peta IKL pulau Sumatera daerah tersebut mempunyai IKL sebesar 70 dan daerah tersebut terletak di ketinggian ± 13 meter dari permukaan laut. Letak geografis kota Medan berada pada posisi 6° s/d 12° lintang selatan, ketinggian gedung adalah 54 meter.

Menurut Golde R.H Jarak sambaran petir (d) di gambarkan pada 3.11. dalam gambar besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir. Perhitungannya dapat di gunakan persamaan (3.6).

$$d = 2 \cdot h$$

$$d = 2 \cdot 54 = 108 \text{ meter}$$

Luasnya daerah yang menarik untuk tersambar petir (F dalam km^2) pada gedung tersebut dapat dihitung. Bila luas daerah yang menarik untuk tersambar petir (d) dari bangunan tersebut telah diketahui, kemudian dapat ditentukan (F) dengan menggunakan persamaan (3.3) .

$$F = (d)^2$$

$$F = (108)^2 = 11664 \text{ m}^2 = 0.011664 \text{ Km}^2$$

Untuk besarnya jumlah sambaran petir per hari per km^2 (N_E) dapat di tentukan dengan menggunakan persamaan (3.4).

$$N_E = (0.1 + 0.35 \times \sin \lambda) (0.4 \pm 0.2)$$

$$N_E = (0.1 + 0.35 \times \sin 12^\circ) (0.4 \pm 0.2)$$

$$N_E = (0.1728) (0.4 \pm 0.2)$$

$$N_E = (0.06912 \pm 0.03456) \text{ sambaran petir / hari / km}^2$$

Besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.5)

$$L = 0.011664 \times 70 \times (0.06912 \pm 0.03456)$$

$$L = 0.81648 \times (0.06912 \pm 0.03456)$$

$L = (0.05643 \pm 0.02822)$ sambaran petir / tahun.

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{0,05643 \pm 0,02822} = 17.721 \pm 35.436 \text{ tahun}$$

Gedung Balai Diklat Keagamaan Medan minimal akan tersambar kilat satu kali dalam 53.157 tahun dan maksimal satu kali dalam 17.721 tahun.

Tinggi bangunan = 14 meter

Tinggi pemasangan finial di atas menara / tower = 40 meter +

Total ketinggian (h) = 54 meter

Sistem pengetanahan yang dipakai adalah dengan elektroda batang yang ditanam tegak lurus pada permukaan tanah sampai didapat tahanan pentanahan sebesar kurang dari 5 Ω . Dari hasil pengukuran dilapangan didapat untuk elektroda batang dari pipa besi dengan \emptyset 1” yang ujungnya dipasang runcingan tembaga dengan panjang 2 meter dengan tahanan 3 Ω . Perletakkannya dari tepi bangunan atau benda lain yang dikhawatirkan dapat rusak karena sambaran petir adalah 2 meter dengan perhitungan, untuk perhitungan jarak aman dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$D = 0,3 \cdot R + \frac{h}{15 \cdot n}$$

$$D = 0,3 \cdot 3 + \frac{54}{15 \cdot 1}$$

$$D = 4,476 \text{ meter}$$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan mendapatkan beberapa hasil perhitungan berdasarkan dari data-data yang ada, maka dapat disimpulkan :

1. Dengan menggunakan metode perhitungan praktis dapat dihitung dan dirancang suatu sistem penangkap petir pada bangunan.
2. Perletakkannya dari tepi bangunan atau benda lain yang dikhawatirkan dapat rusak karena sambaran petir adalah dengan perhitungan, untuk perhitungan jarak aman adalah 4.476 meter.
3. Menurut Golde R.H Jarak sambaran petir besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir adalah 108 meter. Dari hasil perhitungan untuk kasus "Sistem Proteksi Penangkap Petir Pada Gedung Diklat Keagamaan Medan bahwa sambaran yang di harapkan terjadi untuk satu kali sambaran adalah setiap 4 tahun. Dan resiko kegagalan perlindungan yang dapat terjadi adalah satu kegagalan untuk setiap 103,8 tahun.

3.2. Saran

1. Minimalisasi biaya penangkal petir internal dengan cara penyempurnaan instalasi penangkal petir eksternal. Petir merupakan gejala alam yang kejadiannya tidak dapat dihindari, namun manusia diberi kemampuan untuk memperkecil dampak bahaya yang ditimbulkan.
2. Sebagaimana yang telah di terangkan dalam tugas akhir ini, maka penulis memberikan saran bahwa setiap bangunan bertingkat tinggi atau gedung-gedung tinggi yang memiliki atap runcing dan menara / tower tinggi seperti Gedung Balai Diklat Keagamaan ini paling cocok menggunakan penangkap petir jenis Franklin.