SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI GEDUNG PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

SEKRIPSI
Jurusan Teknik Elaktro

Nama : AAN TABRANI

NIM : 41405120056



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2009

SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI GEDUNG

PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Guna Mengikuti Ujian Sarjana Untuk Mencapai Gelar Sarjana

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama	: AAN TABRANI
NIM	: 41405120056
Jurusan	: Teknik Elektro
Peminatan	: Teknik Tenaga Listrik
Pembimbing	: Ir. Badarudin, MT

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2009

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI GEDUNG PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Guna Mengikuti Ujian Sarjana Untuk Mencapai Gelar Sarjana

Yang diajukan oleh :

Nama : Aan Tabrani

NIM : 41405120056

Mengetahui dan Mengesahkan :

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

(Ir. Badarudin, MT)

Koordinator Tugas Akhir
Teknik Elektro

(Jaja Kustija, MSc)

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri

(Yudhi Gunardi, ST, MT)

Bahwa saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama	: Aan Tabrani
Tempat / Tanggal lahir	: Jakarta, 3 September 1972
NIM	: 41405120056
Fakultas / Jurusan	: Teknologi Industri / Teknik Elektro
	Universitas Mercu Buana Jakarta
Alamat	: Perumahan Kembang Larangan
	Jl. Manggar III Blok : B-4/17, Rt.04 / 011
	Ciledug 15154

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir ini yang berjudul **"SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI GEDUNG PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA"** memang benar hasil karya saya dengan bantuan dosen pembimbing tugas akhir. Demikianlah surat pernyataan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 2009

(Aan Tabrani)

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 PT Bhakti Wasantara Net Jakarta yang memiliki menara atau tower antena yang runcing menggunakan penangkal petir jenis Franklin.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT karena dengan taufik dan hidayah-Nya, kuasa dan ridho-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **"Sistem Proteksi Penangkal Petir Di Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta"** dapat terselesaikan. Tujuan penulisan Tugas Akhir ini agar mahasiswa dapat lebih memahami dan menyempurnakan serta mengintegrasikan pengetahuan teoritis yang didapat dari bangku kuliah dengan kenyataan persoalan-persoalan yang didapat di lapangan.

Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini tak lupa saya mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam pembuatan tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Badarudin, sebagai dosen pembimbing dengan kebesaran hatinya untuk meluangkan waktu dan banyak memberikan bimbingan selama penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir.Yudhi Gunardi MT, sebagai ketua jurusan teknik elektro.
3. Bapak Jaja Kustija, MSc, sebagai koordinator tugas akhir.
4. Bapak Gede Eko Pramudya sebagai GM Keuangan dan Administrasi, Bapak Ir. Jonathan S Hasugian sebagai GM Operasi PT Bhakti Wasantara Net.
5. Kedua orang tua saya yang telah membesarkan, membimbing, mendidik, melindungi, dan yang selalu mendo'akan.
6. Istriku tercinta, Mariance Diah Pitaloka S.si dan anakku tercinta Hana Nailah Azizah yang telah memberikan semangat.

Dan semua unsur-unsur yang secara langsung dan tidak langsung telah membantu, hingga terselesaikannya Tugas akhir ini. Keterbatasan kemampuan penulis merupakan penyebab kurang sempurnanya tugas akhir ini, karenanya

setiap kritik dan saran yang membangun akan disambut dengan senang hati serta terima kasih yang sedalam-dalamnya.

Jakarta, 2009

Penulis,

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR PERNYATAAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK ……..… i

KATA PENGANTAR ……...……ii

DAFTAR ISI ……..…… iv

DAFTAR GAMBAR ……... vii

DAFTAR TABEL ……...……viii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang ……...…… 1

1.2. Tujuan Penulisan ……..…….. 2

1.3. Batasan Masalah ……..…….. 2

1.4. Metode Penulisan ……..…… 2

1.5. Sistematika Penulisan ……...…… 2

BAB II. FENOMENA ALAMIAH TERBENTUKNYA PETIR

2.1. Teori Tentang Petir ……..….. 4

2.2. Pembentukan Awan ……..…… 6

2.2.1 Pembentukan Awan Guntur ……..……. 7

2.3. Pembentukan Sambaran Petir …… 7

2.3.1 Pembentukan Sambaran Balik Petir ……... 8

2.3.2 Pembentukan Guntur ……..…… 9

2.4. Mekanisme Terbentuknya Petir ……...…… 10

2.5. Kerusakan Akibat Sambaran Petir ……...…… 12

2.5.1 Kerusakan Akibat Sambaran Langsung ……..….. 13

2.5.2 Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung …….…… 13

2.5.3 Bahaya Loncatan Bunga Api Dari Konduktor Pentanahan ……. 14

2.5.4 Gradien Tegangan Didalam Tanah ……..…. 15

2.6. Sistem Proteksi Petir …… 17

2.6.1 Penangkal Petir External ……..……...……. 18

2.6.2 Penangkal Petir Internal …….……...……. 20

2.6.3 Pembuatan Sistem Pentanahan ……..…..…… 21

2.6.4 Pengadaan Sistem Penyaluran Arus Petir ……..…….. 21

2.7. Proteksi Pembumian ……...……. 22

2.8. Perlindungan Untuk Bangunan ……...……. 22

2.8.1 Kebutuhan Bangunan Akan Adanya Installasi Penangkal Petir .. 23

BAB III. SISTEM PERLINDUNGAN DENGAN PENANGKAL PETIR

3.1. Sistem Penangkal Petir ……. 25

3.1.1 Fungsi Perlindungan Dari Installasi Penangkal Petir ……..…. 25

3.1.2 Penangkal Petir Sistem Franklin …….. 26

3.1.3 Penangkal Petir Sistem Faraday …….. 27

3.2. Sistem Pembumian ……...…… 30

3.2.1 Konduktor ……...……. 30

3.2.2 Earth rods dan Earth plates …….. 30

3.2.3 Konduktor dan Terminal …….……. 31

3.2.4 Earth Inspection Pits …… 32

3.2.5 Sistem Perlindungan Electronic Transient Over Voltage …...… 32

3.3. Earthing (*ARDE*) 33

3.3.1 Pengukuran Tahanan Jenis Tanah 33

3.3.2 Konfigurasi Pentanahan Elektroda Tanah 34

3.4. Metode Perhitungan Kemungkinan Bangunan Tersambar Petir 35

3.4.1 Perhitungan Kegagalan Penangkal Petir 37

3.4.2 Sambaran Yang Diharapkan Pertahun 38

3.5. Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 39

BAB IV. PERHITUNGAN SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

4.1. Penangkal Petir Di PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 41

4.1.1 Data-data Bangunan Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 41

4.1.2 Data Perlindungan Petir Tegak 43

4.1.3 Resiko Kegagalan Proteksi 43

4.1.4 Hasil Dari Semua Perhitungan Resiko Kegagalan Proteksi 45

4.2. Perhitungan Teknis Kemungkinan Terjadinya Sambaran Petir Pada Gedung 46

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan 48

5.2. Saran 49

DAFTAR PUSTAKA 50

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Lidah Petir Pelopor Tanpa Pukulan Balik ……..... 11

Gambar 2.2. Lidah Petir Pelopor Dengan Pukulan Balik 11

Gambar 2.3. Elektroda Plat Pentanahan ……..…….…….....…… 16

Gambar 2.4. Memperdalam Elektroda Pentanahan …….....……...16

Gambar 2.5. Menghubungkan Sistem Perpipaan ……....…….....17

Gambar 3.1. Radius Perlindungan Sistem Franklin 27

Gambar 3.2. Penangkal Petir Sistem Faraday …….....……. 28

Gambar 3.3. Finial Penangkal Petir …….....…….. 29

Gambar 3.4. Sudut Pembelokan Sambungan Konduktor …… 30

Gambar 3.5. Klem Kabel …….……..... 31

Gambar 3.6. Klem Penjepit ……..... 31

Gambar 3.7. Bare Copper Tape …….....…… 31

Gambar 3.8. Bak-kontrol *Earth Inspection Pits*……..….. 35

Gambar 3.9. Luas Daerah yang Menarik Sambaran Petir …….....……..... 37

Gambar 4.1. Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta 42

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Indeks A - Macam struktur bangunan ……..…..... 23

Tabel 2.2. Indeks B - Macam konstruksi bangunan …….....….. 23

Tabel 2.3. Indeks C - Macam konstruksi tinggi bangunan …….....

23 Tabel 2.4. Indeks D - Macam situasi bangunan …….....…….…..... 24

Tabel 2.5. Indeks E - Macam hari guntur per tahun …….....…….. 24

Tabel 2.6. Indeks F - Perkiraan bahaya ……..……..…. 24

Tabel 3.1. Perbandingan Sistem Penangkal Petir 29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam rangka mengakhiri perkuliahan di Fakultas Teknologi Industri Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta, seiap mahasiswa diwajibkan

untuk membuat tugas akhir. Dimana tugas akhir tersebut merupakan pembinaan bagi setiap mahasiswa agar dapat mengkomunikasikan ilmu pengetahuan yang dimilikinya secara tertulis serta mempertanggung jawabkannya secara lisan di depan dosen penguji. Untuk kesempatan ini penulis mengambil judul **"Sistem Proteksi Penangkal Petir Di Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta".**

Sekilas mengenai PT Bhakti Wasantara Net pada tahun 1996, untuk memenuhi kebutuhan internal PT Pos Indonesia (Persero) di bidang teknologi dan sistem informasi, maka dibangunlah jaringan Internet yang menjangkau sebagian besar kantor pos di Indonesia. Seiring dengan semakin pesatnya peningkatan penggunaan Internet di Indonesia, maka Pos Indonesia membentuk Divisi Teknologi dan Sistem Informasi untuk mengelola dan mengembangkan jaringan Intranet serta bisnis Internet yang di kenal dengan nama "Wasantara-Net".

Dimana peralatan komunikasi data yang digunakan PT Bhakti Wasantara Net menggunakan server yang saling berhubungan melalui ethernet card dengan media kabel data, kabel telekomunikasi dan ada juga yang berupa radio link yang di tempatkan di luar ruangan dan dengan menggunakan menara radio link setinggi -/+40 meter dan juga bertempat di lantai paling atas pada gedung pos ibukota yang terdiri dari 7 lantai dan juga sistem penangkal petir yang ada pernah mengalami kerusakan dimana kabel penghantarnya putus, maka diharuskan menggunakan penangkal petir yang baik sebagai pengamanannya.

1.2. TUJUAN PENULISAN

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pentingnya kebutuhan akan penangkal petir pada tiap bangunan gedung guna melindungi bangunan gedung dan orang-orang yang bekerja di dalamnya dan juga

pengamanan terhadap perangkat infrastruktur lainnya yang berada di dalam bangunan gedung tersebut guna menghindari dari kerusakan yang bisa terjadi akibat dari sambaran petir.

1.3. BATASAN MASALAH

Dalam karya tulis ini penulis mencoba untuk membatasi ruang lingkup bahasan pada **”Sistem Proteksi Penangkal Petir Di Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta”.**

1.4. METODE PENULISAN

Pendekatan masalah dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan bahasan yang lengkap dan jelas. Perhitungan dan pembahasan masalah di lakukan dengan mencari data di lapangan juga melalui teori-teori yang di berikan 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.

1.5. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mempermudah pemahaman dan penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, Bab satu menyajikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, metode pendekatan, serta sistem penulisan. Bab dua diuraikan tentang teori dan mekanisme terbentuknya petir dan akibat sambaran petir, teori tentang petir, proses terbentuknya petir, dampak dari sambaran petir, sistem pengamanan terhadap sambaran petir. Bab tiga menjelaskan tentang sistim perlindungan terhadap sambaran petir dan kemungkinan tersambar petir, jenis

penangkal petir, jenis dan sistem pembumian, perkiraan suatu bangunan tersambar petir. Bab empat membahas mengenai perhitungan penggunaan penangkal petir. Bab lima kesimpulan dari pembahasan dan saran-saran.

BAB II

FENOMENA ALAMIAH TERBENTUKNYA PETIR

2.1. TEORI TENTANG PETIR

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 terjadi karena adanya

benturan antara awan yang bermuatan listrik positif di udara. Kilatan cahaya petir yang mengandung arus listrik sangat kuat tersebut dapat merusak bangunan ataupun peralatan elektronik.

Meskipun kilatan petir jatuh didaerah yang agak jauh misalnya 1 km dari kantor anda, arus listrik imbasannya tetap mengalir pada berbagai kabel tembaga seperti kawat penghantar listrik PT. PLN dan kabel telepon PT. Telkom. Arus imbas ini meskipun lebih kecil akan tetapi tetap memiliki kemampuan merusak peralatan elektronik anda seperti telepon faximile ataupun komputer dan peralatan jaringan komputer.

Petir adalah salah satu fenomena alam yang paling kuat dan menghancurkan. kekuatan petir yang pernah tercatat adalah mulai dari ribuan amper sampai 200.000 amper atau sama dengan kekuatan yang dibutuhkan untuk menyalakan 500 ribu lampu bohlam 100 watt. Meskipun arus petir hanya sesaat kira-kira selama 200 micro-detik tapi hasil kerusakan yang ditimbulkan sangat luarbiasa. Effek dari serangan langsung sangat jelas terlihat, mulai dari kerusakan bangunan, kebakaran sampai bahaya kematian bagi manusia. Selain itu pada saat petir menyambar akan ada loncatan muatan listrik ke benda yang bersifat konduktor disekitar pusat hantaman. loncatan ini bahkan bisa mengalir kemana-mana hingga puluhan kilometer. Untuk hal tersebut diatas diperlukan penangkal petir yang sangat baik terutama untuk gedung, fasilitas umum dan pusat bisnis yang menghandalkan komputer atau peralatan elektronik untuk seluruh kegiatan bisnis-nya

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. 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 di lokasi yang tinggi di atas gunung atau menara dan degung yang menjulang tinggi ditengah-tengah area yang bebas atau dilahan terbuka seperti sawah, ladang, mempunyai kemungkinan sambaran lebih tinggi. 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, Telekomunikasi, gedung perkantoran dengan sistem perkantoran dan industri strategis seperti hankam, bandara udara memerlukan proteksi yang dilakukan seoptimal mungkin, sedangkan lokasi dengan nilai bisnis rendah mungkin makin sederhana sistem protektor yang akan dipasang. 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.

2.2. PEMBENTUKAN AWAN

Terbentuknya awan dengan adanya proses menguapnya air dan terbawa oleh udara ke atas atmosfer. Pada daerah di dataran yang lebih tinggi, tekanan atmosfer akan lebih rendah sehingga udara yang mengandung uap air akan mengembang sehingga membentuk suhu udara di sekitar dataran tinggi tersebut terasa lebih sejuk, dingin dan bersih. 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 *thunder storm days.* Awan yang membentuk gumpalan atau awan kemawang, bentuk dasar awan adalah datar dan batas bagian atasnya biasanya sangat tajam karena petir yang mencakup pengertian kilat, guntur atau guruh selalu mengikutinya yang berasal dari awan *cummulonimbus* yang berkembang dari awan kumulus yang merupakan awan kemawang.

2.2.1. Pembentukan Awan Guntur

Pusat terbentuknya petir terjadi di dalam awan guntur atau di sebut juga awan cummulonimbus. *Cummulonimbus* 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 memilki ukuran tinggi dapat mencapai -/+14 Km dan memiliki ukuran lebar dapat mencapai -/+1,5–7,5 Km. Awan ini terbentuk didalam atmosfir dengan kondisi tidak setabil.

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. Disamping itu terdapat juga muatan listrik positif yang lebih kecil didekat awan *cummulonimbus* yang berhubungan dengan terbentuknya hujan deras.

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 setampat antara pelopor dengan suatu obyek 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.

Di karenakan 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 sebagaian terbesar dari arus mengalir dalam saluran inti yang berdiameter beberapa mm.

2.3.2. Pembentukan Guntur

Guntur adalah suatu bunyi menggemuruh yang biasnya 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.

2.4. MEKANISME TERBENTUKNYA PETIR

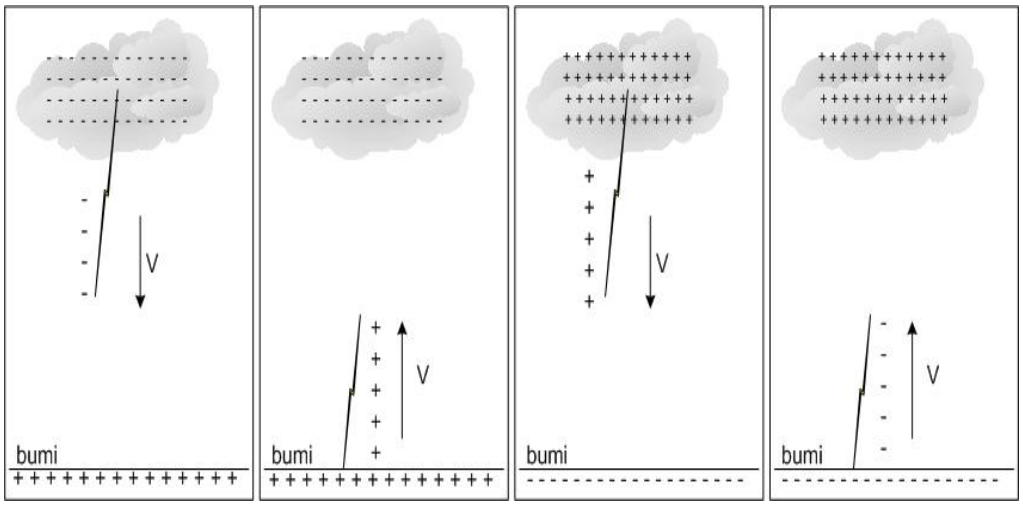
Petir atau halilintar merupakan gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di mana di langit muncul kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan yang beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya. Petir adalah gejala alam yang bisa kita analogikan dengan sebuah kapasitor raksasa, di mana 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 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.

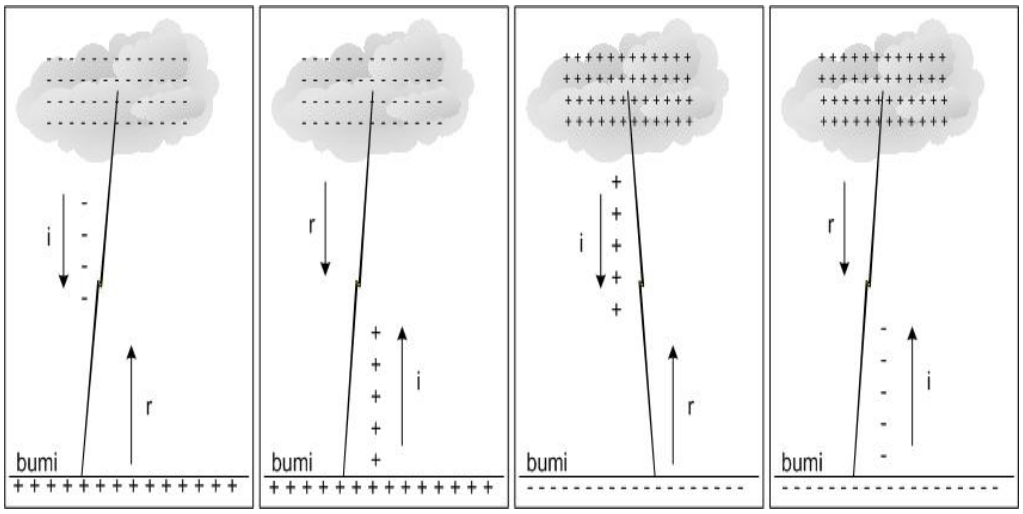
Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif elektron dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi 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

didalam awan, kristal es bermuatan positif, sedangkan titik-titik air bermuatan negatif.



Gambar 2.1. Lidah petir pelopor tanpa pukulan balik



Gambar 2.2. 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 movingstreamer*, atau yang lebih dikenal dengan sambaran balik *return stroke* yang menyamakan perbedaan potensial.

2.5. 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, sedangkan lokasi dengan nilai bisnis rendah mungkin makin sederhana sistem protektor yang akan di pasang. 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.

2.5.1. 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.

2.5.2. 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.

2.5.3. 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 (<5Ω). 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 di lakukan dengan menjauhkan bagian-bagian yang metal dari konduktor pentanahan.

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

adalah :

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

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 PT Bhakti Wasantara Net Jakarta.

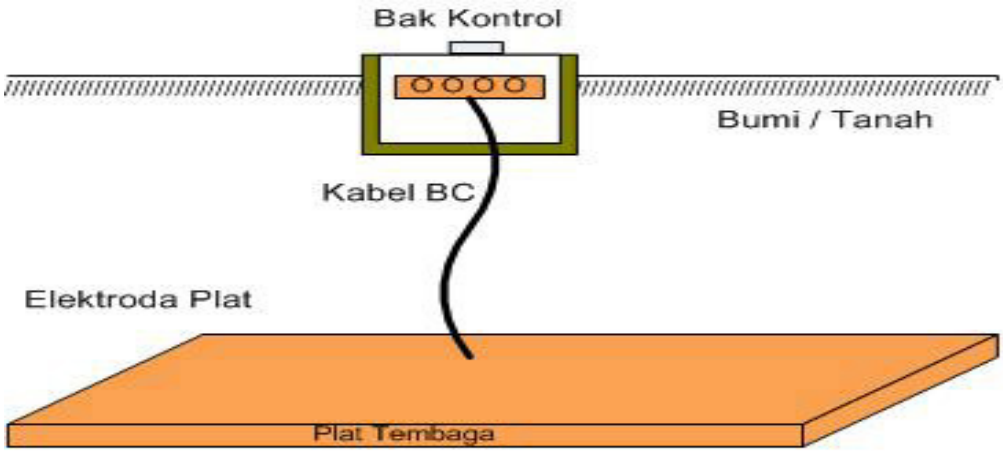
2.5.4. Gradien Tegangan di Dalam Tanah

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

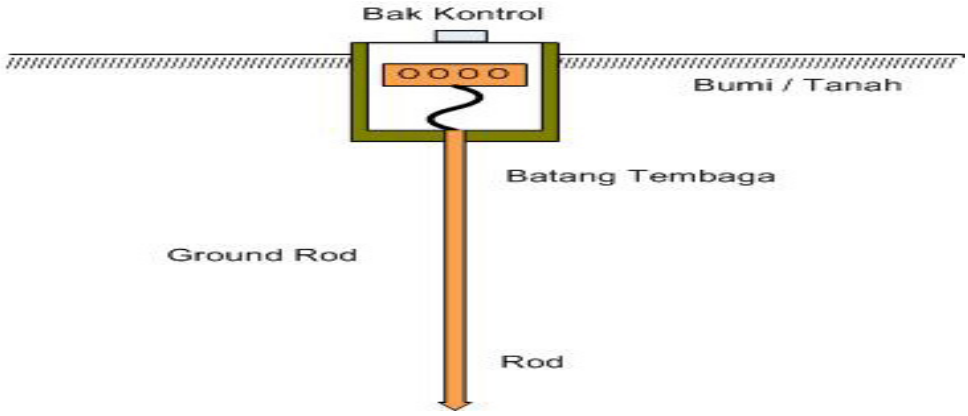
ditimbulkan akibat peristiwa tembus ini dapat memecahkan sistem perpipaan tersebut. Pencegahan kerusakan akibat timbulnya tegangan tanah ini dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain.

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



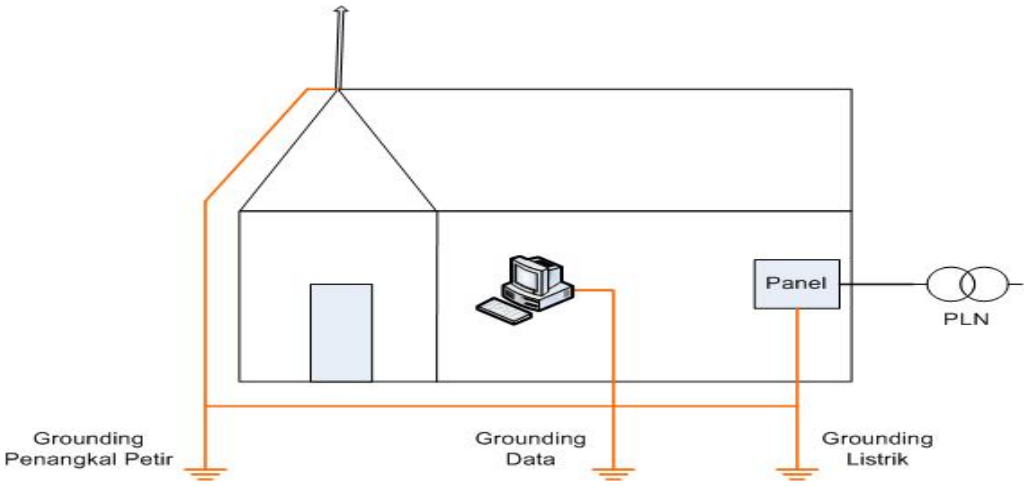
Gambar 2.3. Elektroda plat pentanahan

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 2.4. Memperdalam elektroda pentanahan

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



Gambar 2.5. Menghubungkan sistem perpipaan

2.6. SISTEM PROTEKSI PETIR

Pengadaan instalasi proteksi sambaran petir meliputi penangkal petir eksternal dan penangkal petir internal. Hal-hal yang berkaitan dengan sistem proteksi, teknologi dan biaya investasi yang diperlukan ditentukan oleh tingkat perlindungan penangkal petir yang diinginkan. Sedang tingkat perlindungan yang diinginkan ditentukan oleh jenis, tipe dan fungsi bangunan dan peralatan yang akan dilindungi serta resiko yang timbul jika terjadi kegagalan perlindungannya.

Tingkat perlindungan suatu sistem proteksi sambaran petir dikelompokkan dalam tingkat perlindungan biasa atau normal, yaitu untuk bangunan-bangunan biasa yang bila terjadi kegagalan perlindungan tidak menyebabkan bahaya beruntun, seperti bangunan perumahan, gedung- gedung. tingkat perlindungan tinggi, yaitu untuk bangunan-bangunan atau instalasi yang lain jika terjadi kegagalan perlindungan dapat berbahaya bagi keselamatan jiwa, atau dapat

menimbulkan bahaya ikutan yang lebih besar, seperti instalasi eksplosif mudah meledak, bangunan-bangunan dengan tingkat penggunaan tinggi dan banyak orang berada di dalamnya, instalasi komunikasi penting dan lain-lain.

Tingkat Perlindungan Sangat Tinggi, yaitu untuk bangunan atau instalasi yang jika terjadi kegagalan perlindungan dapat menyebabkan bahaya ikutan yang tidak terkendali seperti pusat instalasi nuklir. Biaya investasi yang diperlukan untuk ketiga tingkat perlindungan di atas pada dasarnya terbagi dalam biaya investasi Penangkal Petir Eksternal dan biaya investasi Penangkal Petir Internal dan minimalisasi biaya total dapat dilakukan dengan menerapkan konsepsi bahwa penangkal petir eksternal merupakan bagian tak terpisahkan dari penangkal petir internal. Ada tiga jenis prinsip penting yang dimiliki oleh penangkal petir modern yaitu :

1. Penyaluran arus petir yang sangat kedap atau tertutup terhadap obyek sekitar dengan menggunakan terminal penerima dan kabel penghantar khusus yang memiliki sifat isolasi tegangan tinggi.
2. Menciptakan elektron bebas awal yang besar sebagai streamer emission pada bagian puncak dari sistem penangkal petir terminal dan juga bebas radioaktif.
3. Memberikan jaminan keamanan terhadap obyek yang dilindungi radius proteksi yang luas dari intensitas sambaran dari petir.

2.6.1. 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 aus 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.

2.6.2. Penangkal 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, perisaian 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, antene, supply daya listrik, pentanahan dan berbagai induksi elektromagnetik.

Upaya minimisasi 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 perisaian akan dapat memperkecil biaya penangkal petir internal.

2.6.3. 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.

2.6.4. 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.

2.7. 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.

2.8. 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 menusia 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.

2.8.1. Kebutuhan Bangunan Akan Adanya Instalasi Penangkal Petir.

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan instalasi penangkal petir, ditentuan oleh besarnya kemungkinan kerusakan serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir. Besarnya kebutuhan itu dapat diperhitungkan secara empiris berdasrkan 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 air, pabrik, gedung pemerintahan	2
4	Bangunan untuk umum, misalnya bioskop, sekolah, masjid, dan gereja	3
5	Instalasi gas, bensin, dan rumah sakit	5
6	Bangunan yang mudah meledak	15

Tabel 2.2. Indeks B - Macam konstruksi bangunan

No	Konstruksi Bangunan	Indeks B
1	Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah menyalurkan arus listrik)	0
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
3	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap bukan logam	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 bukti sampai tiga per empat tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
3	Di puncak gunung atau pegunungan lebih dari 1000 meter	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 ndeks 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

SISTEM PERLINDUNGAN DENGAN PENANGKAL PETIR

3.1. SISTEM PENANGKAL PETIR

Installasi 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 terlindung dan terhindar dari bahaya sambaran langsung maupun tak langsung. Installasi ini di kelompokan menjadi bagian penghantar diatas tanah dan penghantar didalam tanah.

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

1. Penangkal petir sistem Franklin
2. Penangkal petir sistem Faraday

3.1.1. Fungsi Perlindungan dari Installasi Penangkal Petir.

Untuk hal tersebut diatas diperlukan penangkal petir yang sangat handal terutama untuk gedung, fasilitas umum dan pusat bisnis yang menghandalkan komputer atau peralatan elektronik untuk seluruh kegiatan bisnisnya. Ada 4 kriteria yang harus di perhatikan 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 pembumian *grounding*
4. Bonding untuk mengindari *side flashing*

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

3.1.2. Penangkal Petir Sistem Franklin

Penangkal petir sistem Franklin menggunakan ide melindungi kerucut, dimana jari–jari alasnya sama dengan tinggi kerucut. Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah ke puncak penangkal petir di gedung PT Bhakti Wasantara Net tingginya 54 meter dimana daerah yang terlindung di daerah bawah merupakan luas lingkaran dengan jari-jari 10 meter. Luas perlindungan sama dengan,

$$R = \pi . r^2 \quad \text{..... (3.1)}$$

R = 3,14 . 54^2

= 9156,24 m^2

Dimana : π = 3,14

r = jari-jari lingkaran yang terlindung

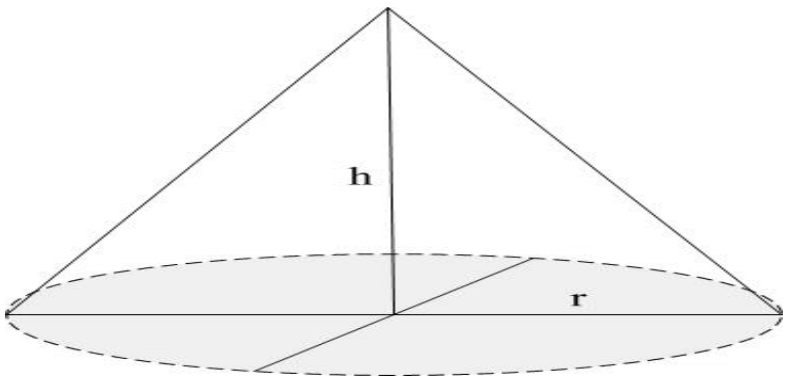
h = tinggi bangunan

Dan isi kerucut yang dilindungi = ⅓ . π^2 . h ..... (3.2)

= ⅓ . $3,14^2$. 54

= 177,47 m^3

Jenis penangkal 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 installasi tidak terlalu mahal.



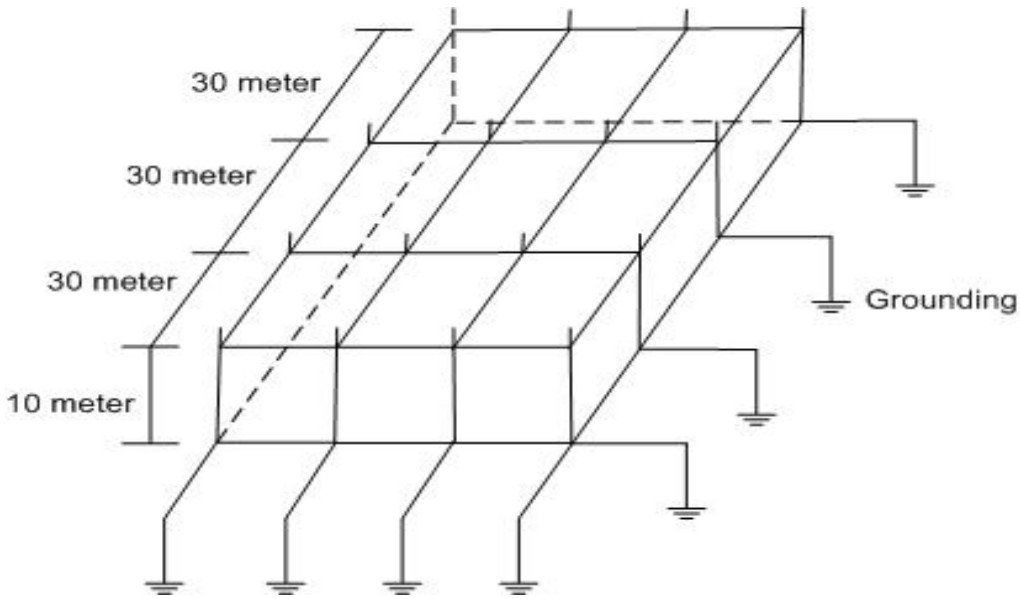
Gambar 3.1. Radius Perlindungan Sistem Franklin

3.1.3. Penangkal Petir Sistem Faraday

Penangkal petir sistem Faraday ini adalah dengan cara membuat kurungan Faraday atau sangkar Faraday adalah dengan menyusun dan mendirikan tiang – tiang yang tingginya di sesuaikan dengan bangunan yang akan di lindungi 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 antara titik potongannya. Sistem penangkal petir jenis Faraday ini lebih mahal dibandingkan dengan sistem penangkal 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 kearah 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 installasi 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 effisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem Franklin, karena arus yang lewat di tiap titik yang ada terbagi secara acak diantara 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. Penangkal Petir Sistem Faraday

Berikut ini penjelasan untuk perbandingan sistem penangkal petir maka di peroleh kesimpulan bahwa sistem Franklin lebih cocok digunakan pada perencanaan sistem penangkal petir di gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta.

Tabel 3.1. Perbandingan Sistem Penangkal 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 installasi lebih murah, karena hanya memasang pada satu titik dan bisa menggunakan satu arde.	Biaya installasi 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 PEMBUMIAN

Sistem pembumian 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. Pembumian umumnya merupakan keharusan untuk keperluan peralatan antar lain :

1. Pembangkit listrik serta sistem transmisi dan distribusinya.
2. Penangkal petir.
3. Pembuangan listrik statis.
4. Telekomunikasi.
5. Peralatan computer

3.2.1. Konduktor

Untuk konduktor di dalam tanah, sebaiknya di gunakan tembaga yang tahan terhadap korosi dan ekonomis plat tembaga atau cooper tape sangat cocok untuk sistem yang memerlukan kehandalan 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 *Earth rods* yang ditanam kedalam tanah dengan kedalaman tertentu. Namun bila kedalaman tanah terbatas misal, ditanah yang berbatu dapat juga mengunakan lembaran tembaga *Earth plate.* Lembaran tembaga juga digunakan sebagai proteksi terutama di gardu listrik tengangan extra tinggi.

3.2.3. Konektor dan Terminal

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



Gambar 3.5. Klem Kabel



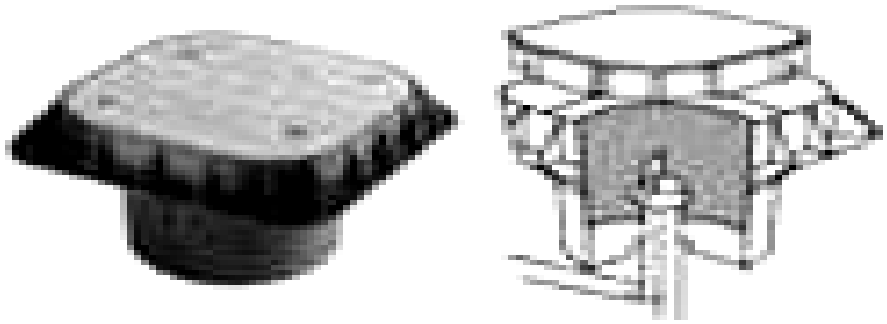
Gambar 3.6. Klem Penjepit



Gambar 3.7. Bare Copper Tape

3.2.4. Earth Inspection Pits

Batang tembaga yang ditanam di tanah harus mempunyai bak-kontrol yang memadai guna memudahkan pemeliharaan dan menjaga kwalitas pembumian tetap prima. sistem bak kontrol PVC di desain sangat efficient dan dapat menahan berat sampai 5Ton, sehingga aman untuk di pasang di jalan yang dilalui kendaraan.



Gambar 3.8. Bak-kontrol *Earth Inspection Pits*

3.2.5. Sistem Perlindungan Electronic 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 -/+10% dan dapat bertahan pada tegangan 700V untuk durasi tidak lebih dari 200 micro detik.

Karena surge terjadi sangat cepat, sehingga kejadian tersebut tidak dapat di lihat mata kita, namun percayalah bahwa dalam 1 hari terjadi banyak *transient* atau *overvoltage*, surge dengan sekala bervariasi mulai dari beberapa volt saja sampai ribuan volt per kejadian. Fungsi perlindungan dari installasi 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 di tanam 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 di perlukan kondisi arde yang baik agar mampu menghilangkan arus petir dengan cara cepat dan aman ke dalam bumi.
2. Yang memiliki tahanan tanah < 5 ohm.

Tujuan utama dari berbagai sistem pentanahan tersebut adalah untuk mendapatkan tahanan kontak ke tanah yang cukup kecil. Untuk mengetahui sejauh mana tahanan kontak ke 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 factor, 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 1 cm^3. Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pengetanahan dapat di lakukan dengan menanamkan elektroda sampai mencapai kedalam di mana terdapat air tanah yang konstan. Pada sistim pengetanahan yang tidak mungkin atau tidak perlu untuk ditanam

lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang konstan, dimana variasi tahanan jenis tanah sangat besar. Karena kadang kala penanaman memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi, harga tahanan jenis tanah harus diambil untuk keadaan paling buruk, yaitu tanah kering.

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 di dirikan penangkal petir sebaiknya dilakukan terlebih dahulu.

3.3.2. Konfigurasi Penanaman Elektroda Tanah

Elektroda yang banyak di gunakan adalah elektroda berbentuk batang dan elektroda strip. Dimana elektroda batang tersebut ditanam kedalam tanah dengan cara vertical dan elektroda strip ditanam kedalam tanah dengan cara horizontal. Elektroda batang banyak di gunakan karena mudah pemasangannya terutama dapat memenuhi syarat nilai tahanan yang dibutuhkan, dapat juga di lakukan 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 dibawahnya mempunyai tahanan jenis tanah yang rendah, maka elektroda pentanahan tetap dapat mencapai nilai tahanann jenis tanah yang rendah.

Elektroda strip digunakan bilamanan lapisan tanah di bawah permukaan tanah yang dangkal mempunyai tahanan jenis tanah yang rendah, sedangkan lapisan dibawahnya 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.

3.4. METODE PERHITUNGAN KEMUNGKINAN BANGUNAN TERSAMBAR PETIR

Untuk bangunan yang terletak dibawah awan bermuatan dimensi masing-masing bangunan sangat terpengaruh pada besarnya kemungkinan untuk tersambar petir karena luasnya daerah yang menarik untuk tersambar petir itu tergantung pada dimensi dari bangunannya. 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 makin besar. Menurut Golde RH luas daerah disekitar bangunan yang mudah tersambar petir dapat ditentukan dengan cara :

1. Gambar denah bangunan, kemudian dari 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 di tentukan dengan rumus :

   $$F = (d)^2 \quad \text{…….(3.3)}$$

   Dimana :

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

   d = Jarak sambaran petir

3. Ditentukan besaran jumlah sambaran petir per hari per km^2 (N_E) dengan bantuan rumus :

$$N_E = (0.1 + 0.35 \sin \lambda) (0.4 + 0.2) \quad \text{(3.4)}$$

Dimana :

N_E = Besarnya jumlah sambaran petir per hari per km^2

λ = Garis lintang geografis bangunan tersebut (^{0}).

4. Ditentukan jumlah sambaran petir pertahun per km^2 di tempat tersebut = IKL ditempat tersebut di kali N_E. Besarnya IKL untuk tempat-tempat di pulau jawa digambarkan pada Lampiran A. Besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun adalah :

$$L = F \times IKL \times N_E \quad \text{(3.5)}$$

Dimana :

L = Besarnya kemungkinan bangunan tersambar petir / tahun

IKL = Iso Keraunic Level

N_E = Besarnya jumlah sambaran petir per hari per km^2

F = Luar daerah yang menarik untuk tersambar petir (Km^2).

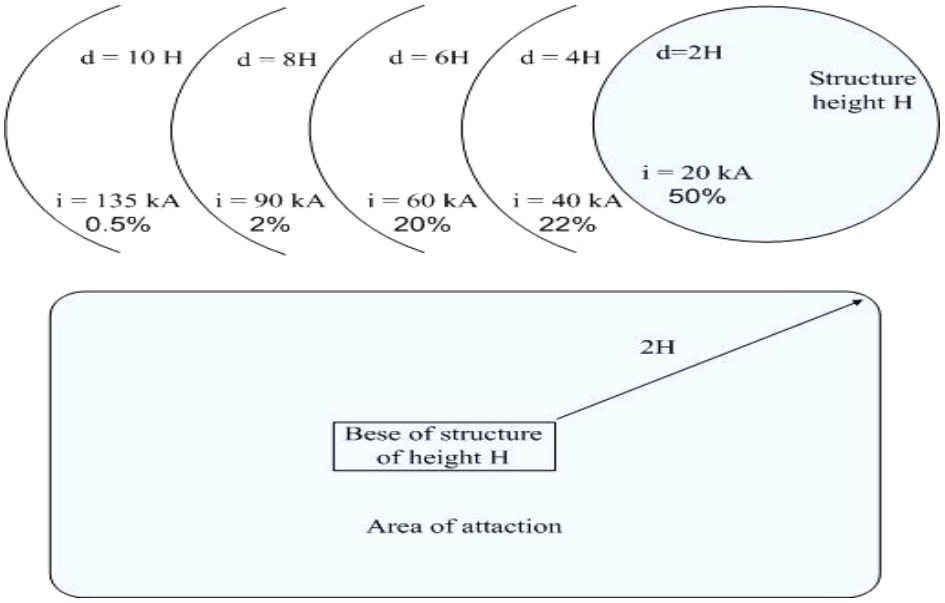
Luas daerah yang menarik sambaran petir dimana besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir. Adapun dalam perencanaan installasi penangkal petir ini di asumsikan bahwa besarnya penangkal petir untuk wilayah kota Jakarta berkisar 20.000 ampere sehingga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

$$d = 2 \cdot h \quad \text{(3.6)}$$

Dimana :

d = Jarak sambaran petir

h = Tinggi bangunan.



Gambar 3.9. 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 dari arus petir dan frekuensi kajadiannya, dapat dihitung besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun.

3.4.1. Perhitungan Kegagalan Penangkal Petir

Apabila telah mengetahui suatu besaran luas dan suatu ketinggian batang vertikal pelindung petir, maka di hitung besar arus yang akan mengakibatkan terjadinya kegagalan penagkal petir.

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

$$r_s = 9{,}4.I^{\frac{2}{3}} \quad \text{..... (3.7)}$$

Maka didapat dari kedua persamaan diatas

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

Atau arus maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan adalah :

$$I = \left[\frac{Xa^2 + H}{18{,}8.H} \right]^{\frac{3}{2}} kA \quad \text{..... (3.9)}$$

Dimana :

Xa = jarak perlindungan antara proyeksi perlindungan petir pada bidang dan batasan dari daerah perlindungan (m)

H = ketinggian batas perlindungan (m)

r_s = jarak sambaran (m)

Kemungkinan besaran arus kurang atau sama dengan 1 dari harga yang di dapat pada persamaan (3.9.) dan dihitung kemungkinan dari arus I (kA) untuk melebihi dapat di tuliskan :

$$P_I = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{25} \right)^2} \quad \text{..... (3.10)}$$

Setelah mendapat harga-harga P_I dapat di ketahui kemungkinan arus lebih kecil atau sama dengan I yang menghasilkan satu kegagalan.

$$P_{IF} = (1 - P_I) \quad \text{..... (3.11)}$$

Dimana :

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

P_I = kemungkinan melebihi arus I (kA).

3.4.2. 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 (No), dan persamaan kenaikan pada permukaan yang seperti diberikan pada persamaan rumus sebagai berikut :

$$S = a \cdot b + 4 \cdot h \cdot (a + b) + 4 \cdot h^2 \quad \text{..... (3.12)}$$

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 (No) dapat ditentukan sambaran yang diharapkan dan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$N_L = S \cdot No \quad \text{..... (3.13)}$$

Dimana :

N_L = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran tahunan)

S = penarikan sambaran pada permukaan (m^2)

No = jumlah sambaran petir (sambaran tahunan / km^2)

Resiko kegagaln perlindungan dari perkalian hasil persamaan (3.11) dan persamaan (3.12) dapat di ketahui dan dicari nilai resiko kegagalan perlindungan. Hasil ini dapat dibandingkan untuk setiap tahunnya, seperti diberikan pada persamaan berikut :

$$P_{fr} = P_{IF} \cdot N_L \quad \text{..... (3.14)}$$

Dimana :

P_{fr} = resiko kegagalan perlindungan

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

N_L = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran tahunan).

3.5. Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta

Jenis bangunan ini dapat di golongkan pada indeks A dengan nilai 3 dimana bangunan berisi banyak orang dan berisi cukup penting seperti pada katagori perkantoran, pabrik gedung atau instansi pemerintahan, menara antena komunikasi data, hotel, apartemen. Konstriksi dari bangunannya ini dapat di golongkan ke dalam indeks katagori B dengan nilai 2 dimana bangunan terbuat dari konstruksi beton bertulang (rangka dari besi dan atap bukan dari logam).

Untuk ketinggian bangunan ini terdiri dari 7 lantai dengan ketinggian 14 meter lantai dan terdapat menara tower perangkat komunikasi data (radio link) setinggi 40 meter dari tanah jadi jumlah tinggi bangunan 54 meter. Dapat di golongkan pada indeks C dengan nilai 8. Situasi dan kondisi berdiri di atas tanah datar dan dapat di golongkan pada indeks D dengan nilai 0.

Hari guruh di Indonesia pertahun menurut BMG untuk daerah Jakarta pusat adalah 126, sehingga dapat di golongkan pada indeks E dengan nilai 6. Berdasarkan indeks-indeks di atas, maka perkiraan bahaya akibat sambaran petir dapat di hitung dengan menjumlahkan indeks dan nilai dari indeks adalah dengan :

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

$$= 3 + 2 + 8 + 0 + 6 = 19$$

Berdasarkan pada table, nilai R (perkiraan bahaya) yang besar sehingga pengamanan gedung ini dibuatkan installasi penangkal Petir sangat di anjurkan. Installasi penangkal petir harus dapat melindungi semua bagian dari komponen bangunan termasuk manusia yang ada di dalamnya terhadap bahaya dari kerusakan dan kematian akibat dari sambaran petir.

BAB IV

PERHITUNGAN SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI GEDUNG PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

4.1. PENANGKAL PETIR DI PT. BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

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 PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA.

4.1.1. Data-data Bangunan Gedung PT. Bhakti Wasantara Net

Dilihat dari bentuk dan peruntukan bangunan gedung pt. Bhakti Wasantara Net seperti pada gambar 4.1 yang berlokasi di Jl. Gedung Kesenian No.2 Jakarta Pusat. Analisa data pada gedung PT. Bhakti Wasantara Net 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 PT Bhakti Wasantara Net Jakarta

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 :

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

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

$r_s = 9{,}4 \times 2{,}924$

$r_s = 27{,}5$ meter

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

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

$$X_a = \sqrt{2.54.27{,}5 - 54^2} = 7{,}348 \text{ meter}$$

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

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

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

$$I = \sqrt{\frac{7{,}348^2 + 54^2}{18{,}8.54}}^{3} = 5{,}0039 \text{ kA}$$

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, P_1 dimana kemungkinan melebihi arus 1 kA.

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

$$P_I = \frac{1}{1 + \left(\frac{5{,}0039}{25}\right)^2} = 0{,}96148$$

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

$P_{IF} = (1 - 0{,}96148) = 0{,}03852$

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 :

$No = 0{,}15 \cdot T_d$

$No = 0{,}15 \cdot 70 = 10{,}5$ 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), No = jumlah sambaran petir (sambaran-tahun/km^2).

$N_L = S \cdot No$

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

Maka sambaran yang terjadi $\frac{1}{0{,}25} = 4$ tahun

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

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

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

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

Sehingga kegagalan proteksi yang terjadi $\frac{1}{0{,}00963} = 103{,}8$ 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 : P_{IF} =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 PT. Bhakti Wasantara Net Jl. Gedung Kesenian No. 2 Jakarta Pusat 10710 dimana menurut peta IKL pulau jawa daerah tersebut mempunyai IKL sebesar 70 dan daerah tersebut terletak di ketinggian -/+13 meter dari permukaan laut. Letak geografis kota Jakarta 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).

$d = 2 . h$

$d = 2 . 54 = 108$ 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) .

$F = (d)^2$

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

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

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

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

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

= (0.06912 ± 0.03456) sambaran petir / hari / km^2.

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

L = 0.011664 x 70 x (0.06912 ± 0.03456)

= 0.81648 x (0.06912 ± 0.03456)

= (0.05643 ± 0.02822) sambaran petir / tahun.

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{0.05643 \pm 0.02822} = 17.721 \pm 35.436 \text{ tahun}$$

Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta 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 Ø 1" yang ujungnya dipasang runcingan tembaga dengan panjang 2 meter dengan tahanan 3 Ω. Perletakannya 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).

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

$$D = 0{,}3 \times 3 + \frac{54}{15.1} = 4.476 \text{ meter}$$

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa dan mendapat beberapa hasil perhitungan berdasarkan dari data-data yang ada, maka dapat di simpulkan :

a. Dengan menggunakan metode perhitungan praktis dapat dihitung dan dirancang suatu sistem penangkal petir pada bangunan.

b. Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta minimal akan tersambar kilat satu kali dalam 53.157 tahun dan maksimal satu kali dalam 17.721 tahun.

c. Perletakannya dari tepi bangunan atau benda lain yang dikhawatirkan dapat rusak karena sambaran petir adalah dengan perhitungan, untuk perhitungan jarak aman adalah 4.476 meter.

d. Menurut Golde R.H Jarak sambaran petir besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir adalah 108 meter.

e. Dari hasil perhitungan untuk kasus ”Sistem Proteksi Penangkal Petir Di Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 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.

5.2. SARAN

a. Minimalisasi biaya penangkal petir internal dengan cara penyempurnaan instalasi penangkal petir eksternal. Petir merupakan gejala alam yang kejadiaannya tidak dapat dihindari, namun manusia diberi kemampuan untuk memperkecil dampak bahaya yang ditimbulkan.

b. 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 PT Bahakti Wasantara Net ini paling cocok menggunakan penangkal petir jenis Franklin.

viii

vii

vi

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR PERNYATAAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK ……..… i

KATA PENGANTAR ……...….…ii

DAFTAR ISI …….…… iv

DAFTAR GAMBAR ……... vii

DAFTAR TABEL ……...……viii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang ……...…… 1

1.2. Tujuan Penulisan ……..…….. 2

1.3. Batasan Masalah …….....….. 2

1.4. Metode Penulisan ……..……. 2

1.5. Sistematika Penulisan ……....…… 2

BAB II. FENOMENA ALAMIAH TERBENTUKNYA PETIR

2.1. Teori Tentang Petir ……..….. 4

2.2. Pembentukan Awan …….....…… 6

2.2.1 Pembentukan Awan Guntur ……..……. 7

2.3. Pembentukan Sambaran Petir …… 7

2.3.1 Pembentukan Sambaran Balik Petir ……... 8

2.3.2 Pembentukan Guntur ……..…… 9

2.4. Mekanisme Terbentuknya Petir ……...…… 10

2.5. Kerusakan Akibat Sambaran Petir ……...…… 12

iv

2.5.1 Kerusakan Akibat Sambaran Langsung ……..….. 13

2.5.2 Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung …….…… 13

2.5.3 Bahaya Loncatan Bunga Api Dari Konduktor Pentanahan ……. 14

2.5.4 Gradien Tegangan Didalam Tanah ……..…. 15

2.6. Sistem Proteksi Petir …… 17

2.6.1 Penangkal Petir External ……..……...……. 18

2.6.2 Penangkal Petir Internal ……..……..……...……. 20

2.6.3 Pembuatan Sistem Pentanahan ……..…..…….…… 21

2.6.4 Pengadaan Sistem Penyaluran Arus Petir ……...…….. 21

2.7. Proteksi Pembumian ……...……. 22

2.8. Perlindungan Untuk Bangunan ……...……. 22

2.8.1 Kebutuhan Bangunan Akan Adanya Installasi Penangkal Petir .. 23

BAB III. SISTEM PERLINDUNGAN DENGAN PENANGKAL PETIR

3.1. Sistem Penangkal Petir ……. 25

3.1.1 Fungsi Perlindungan Dari Installasi Penangkal Petir ……..…. 25

3.1.2 Penangkal Petir Sistem Franklin …….. 26

3.1.3 Penangkal Petir Sistem Faraday …….. 27

3.2. Sistem Pembumian ……...…… 30

3.2.1 Konduktor ……...……. 30

3.2.2 Earth rods dan Earth plates …….. 30

3.2.3 Konduktor dan Terminal …….……. 31

3.2.4 Earth Inspection Pits …… 32

3.2.5 Sistem Perlindungan Electronic Transient Over Voltage …...… 32

3.3. Earthing (*ARDE*) 33

3.3.1 Pengukuran Tahanan Jenis Tanah 33

3.3.2 Konfigurasi Pentanahan Elektroda Tanah 34

v

3.4. Metode Perhitungan Kemungkinan Bangunan Tersambar Petir 35

3.4.1 Perhitungan Kegagalan Penangkal Petir 37

3.4.2 Sambaran Yang Diharapkan Pertahun 38

3.5. Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 39

BAB IV. PERHITUNGAN SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI PT BHAKTI WASANTARA NET JAKARTA

4.1. Penangkal Petir Di PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 41

4.1.1 Data-data Bangunan Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta 41

4.1.2 Data Perlindungan Petir Tegak 43

4.1.3 Resiko Kegagalan Proteksi 43

4.1.4 Hasil Dari Semua Perhitungan Resiko Kegagalan Proteksi 45

4.2. Perhitungan Teknis Kemungkinan Terjadinya Sambaran Petir Pada Gedung 46

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan 48

5.2. Saran 49

DAFTAR PUSTAKA 50

LAMPIRAN

vi

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Lidah Petir Pelopor Tanpa Pukulan Balik ……..... 11

Gambar 2.2. Lidah Petir Pelopor Dengan Pukulan Balik 11

Gambar 2.3. Elektroda Plat Pentanahan ……..…….…….....…… 16

Gambar 2.4. Memperdalam Elektroda Pentanahan …….....……...16

Gambar 2.5. Menghubungkan Sistem Perpipaan …….....…….....17

Gambar 3.1. Radius Perlindungan Sistem Franklin 27

Gambar 3.2. Penangkal Petir Sistem Faraday …….....……. 28

Gambar 3.3. Finial Penangkal Petir …….....…….. 29

Gambar 3.4. Sudut Pembelokan Sambungan Konduktor ……. 30

Gambar 3.5. Klem Kabel …….…..... 31

Gambar 3.6. Klem Penjepit ……..... 31

Gambar 3.7. Bare Copper Tape …….....……. 31

Gambar 3.8. Bak-kontrol *Earth Inspection Pits*……..….. 35

Gambar 3.9. Luas Daerah yang Menarik Sambaran Petir …….....……..... 37

Gambar 4.1. Gedung PT Bhakti Wasantara Net Jakarta 42

vii

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Indeks A - Macam struktur bangunan ……..…..... 23

Tabel 2.2. Indeks B - Macam konstruksi bangunan …….....….. 23

Tabel 2.3. Indeks C - Macam konstruksi tinggi bangunan ……..... 23

Tabel 2.4. Indeks D - Macam situasi bangunan …….....…….…..... 24

Tabel 2.5. Indeks E - Macam hari guntur per tahun …….....…….. 24

Tabel 2.6. Indeks F - Perkiraan bahaya ……..……..…. 24

Tabel 3.1. Perbandingan Sistem Penangkal Petir 29