

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Unit Pelaksana Teknis Teknologi Informasi Dan Komunikasi Universitas Lampung (UPT TIK UNILA).**

Perkembangan dan pemberdayaan teknologi komputer di Universitas Lampung bukanlah suatu hal yang baru. Kepeloporan Universitas Lampung untuk melakukan komputerasi dalam pelayanannya dikalangan universitas di Indonesia, khususnya di wilayah Indonesia Bagian Barat, sudah dimulai tahun 1981, yakni ditandai dengan berdirinya UPT TIK UNILA. Tugas utama UPT TIK UNILA pada saat itu adalah mengolah data administrasi akademik. Pengelolaan data dilakukan dengan komputer merek WANG VS 80. Input data administrasi akademik, yang mulanya dilakukan secara manual oleh operator, pada tahun 1986 dilakukan dengan kertas jenis *optic mark reader* dan *scanner jenis sentry* dan *opscan*. Pemutahiran penggunaan teknologi di UPT TIK UNILA terus diupayakan, seperti pada tahun 1996 dibangun Jaringan Lokal (LAN) di lingkungan UPT TIK UNILA.

Seiring dengan perkembangan komputer, serta teknologi dan komunikasi, mulai tahun 1996 secara bertahap, Universitas Lampung telah membangun dan mengembangkan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi melalui bantuan proyek *Development of Undergraduate Education (DUE)*.

Pengembangan teknologi informasi dan komunikasi yang dilakukan meliputi pengembangan *organware* (organisasi pengelola), *hardware* (infrastruktur dan perangkat lunak), *software* (pengembangan sistem), dan *brainware* (sumber daya pengelola, pengembang, dan pengguna).

Pengembangan organisasi dilakukan dengan merevitalisasi UPT TIK UNILA sebagai pengelola sumber daya teknologi informasi dan komunikasi. Pengembangan infrastruktur meliputi pengembangan jaringan, *workstation* atau komputer, beserta peralatan pendukung teknologi informasi dan komunikasi lainnya.

Pengembangan sistem meliputi pengembangan sistem informasi strategis yang diperlukan oleh Universitas Lampung. Sedangkan pengembangan sumber daya manusia bidang teknologi informasi dan komunikasi diarahkan pada:

1. Kemampuan komunitas Universitas Lampung sebagai pengguna teknologi informasi dan komunikasi;
2. Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan sumber daya manusia Universitas Lampung dalam mengembangkan, memelihara dan mendayagunakan teknologi informasi dan komunikasi.

Sejak tahun seribu sembilan ratus delapan puluhan para pemerhati dan peneliti meteorologi meyakini bahwa akan terjadi beberapa penyimpangan iklim global, baik secara spatial maupun temporal, seperti peningkatan temperatur udara, evaporasi dan curah hujan. Menjadi hal sangat krusial mengetahui besaran anomali curah hujan yang akan terjadi pada masa datang di wilayah Indonesia dalam skala global menggunakan model prakiraan iklim yang dikembangkan berdasarkan keterkaitan proses antara atmosfer, laut, dan kutub dengan memperhatikan evolusi yang proporsional dari peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di trophosfer. [1].

Penelitian *desk study* simulasi zonasi curah hujan untuk periode 1950-1979 dan periode 2010-2039 beserta anomalnya terutama untuk musim hujan (Maret sampai Oktober) dilaksanakan pada tahun 2002. Anomali zonasi curah hujan merupakan selisih kejadian hujan (mm) pada periode inisial (1950-1979) dengan periode berikutnya (2010-2039), dengan menggunakan model ARPEGE (Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle) Climat versi 3.0. Besaran curah hujan yang ditampilkan merupakan keadaan curah hujan rata-rata bulanan pada kedua periode tersebut. Koordinat yang dipilih berkisar antara 25° Lintang Utara dan Lintang Selatan serta berkisar 150° Bujur Timur. Selain itu, dianalisis zonasi temperatur maksimal dan temperatur minimal untuk ketinggian 2 m di atas permukaan tanah dan evaporasi (mm). Untuk melihat perubahan frekuensi kejadian hujan sepanjang tahun 1980 sampai 2000 pada kondisi lapang, dilakukan analisis frekuensi untuk parameter curah hujan dan temperatur pada dua periode pengamatan.[2]

Data iklim hasil pengamatan tersebut diperoleh dari stasiun klimatologi Tamanbogo, Lampung Tengah (105°05' BT ; 5°22' LS ; 20 m dpl) dan Genteng, Jawa Timur (114°13' BT ; 8°22' LS ; 168 m dpl). Pada periode 2010-2039 diperkirakan akan terjadi peningkatan jumlah curah hujan di atas wilayah Indonesia, yang ditandai dengan perubahan zonasi wilayah hujan dengan anomali positif zona konveksi, peningkatan temperatur, dan evaporasi terutama pada zona konveksi tertinggi di sepanjang selat Malaka, Laut Banda, Laut Karimata, dan Laut Arafura. Perubahan kualitas dan kuantitas curah hujan, khususnya curah hujan 100-150 mm/hari secara signifikan (59% dan 100%) pada stasiun sinoptik Tamanbogo dan Genteng telah terjadi pada periode 1991-2000. Langkah antisipasi limpahan curah hujan yang lebih besar dapat dilakukan secara serentak melalui pendekatan lingkungan dan kemasyarakatan.[2]

## **2.2. Sistem Tenaga Listrik.**

Dalam suatu sistem tenaga listrik dibutuhkan suatu sistem pentanahan yang handal. Hal ini dimaksudkan agar ketika terjadi gangguan fasa ke tanah pada sistem tenaga listrik tidak akan membahayakan keselamatan manusia, sebab arus gangguan akan mengalir pada bagian peralatan dan ke piranti pentanahan. Hal ini akan menimbulkan gradien tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan gradien tegangan pada permukaan tanah yang berbahaya bagi manusia dan peralatan yang berada di area sekitarnya. Oleh sebab itu diperlukan sistem pentanahan yang baik dan efektif meratakan gradien tegangan yang timbul.

Ada tiga faktor yang menentukan tingkat bahaya listrik bagi manusia, yaitu tegangan (V), arus (I) dan tahanan (R). Ketiga faktor tersebut saling mempengaruhi antara satu dan lainnya. Tegangan (V) dalam satuan Volt (V) merupakan tegangan sistem jaringan listrik atau sistem pada peralatan. Arus (I) dalam satuan Ampere (A) adalah arus yang mengalir dalam rangkaian. Sedangkan tahanan (R) dalam satuan Ohm, adalah nilai tahanan atau resistansi total saluran yang tersambung pada sumber tegangan listrik, sehingga berlaku  $V = I \cdot R$ .

Dampak sengatan listrik bagi manusia antara lain adalah:

- Gagal kerja jantung (*ventricular fibrillation*), yaitu berhentinya denyut jantung atau denyutan yang sangat lemah sehingga tidak mampu mensirkulasikan darah dengan baik. Untuk mengembalikannya perlu bantuan dari luar;
- Gangguan pernafasan akibat kontraksi hebat (*suffocation*) yang dialami oleh paru-paru;
- Kerusakan sel tubuh akibat energi listrik yang mengalir di dalam tubuh;
- Terbakar akibat efek panas dari listrik.

Bila dalam hal ini, titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (penghantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut. Tingkat bahaya listrik bagi manusia, salah satu faktornya ditentukan oleh tinggi atau rendahnya arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh kita. Sedangkan kuantitas arus akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh manusia serta tahanan lain yang menjadi bagian

dari saluran. Berarti peristiwa bahaya listrik berawal dari sistem tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan alat. Semakin tinggi sistem tegangan yang digunakan, semakin tinggi pula tingkat bahayanya.

Terdapat dua risiko utama dalam instalasi listrik, yaitu arus kejut listrik dan suhu yang berlebihan. Oleh karena itu instalasi listrik harus dilengkapi dengan proteksi yang mencegah terjadinya dua risiko utama tersebut. Proteksi instalasi listrik selengkapnya terdiri atas, proteksi dari kejut listrik, proteksi dari efek termal, proteksi dari arus lebih dan proteksi dari gangguan elektromagnetik dan gangguan tegangan, khususnya akibat petir.

Proteksi dari kejut listrik terdiri atas dua, yaitu:

1. Proteksi dari sentuh langsung disebut juga dengan proteksi dari kejut listrik dalam pelayanan normal atau disebut juga dengan proteksi dasar. Yang disebut sentuh langsung adalah sentuh langsung pada bagian aktif perlengkapan atau instalasi listrik. Bagian aktif perlengkapan atau instalasi listrik adalah bagian konduktif yang merupakan bagian dari sirkit listriknya, yang dalam keadaan pelayanan normal umumnya bertegangan dan atau dialiri arus.

Manusia harus dihindarkan / diselamatkan dari bahaya yang bisa timbul karena sentuhan dengan bagian konduktif terbuka dalam keadaan gangguan (sentuh tak langsung) dengan salah satu cara di bawah ini:

- a. Mencegah mengalirnya arus gangguan melalui badan manusia atau ternak.
- b. Membatasi arus gangguan yang dapat mengalir melalui badan sampai suatu nilai yang lebih kecil dari arus kejut listrik.
- c. Pemutusan suplai secara otomatis dalam waktu yang ditentukan pada saat terjadi gangguan yang sangat mungkin menyebabkan mengalirnya arus melalui badan yang bersentuhan dengan bagian konduktif terbuka, yang nilai arusnya sama dengan atau lebih besar dari arus kejut listrik.

Bahaya sentuh langsung dapat diatasi/ ditanggulangi dengan cara :

- 1). Proteksi dengan isolasi bagian aktif
  - 2). Proteksi dengan penghalang atau selungkup
  - 3). Proteksi dengan rintangan
  - 4). Proteksi dengan penempatan di luar jangkauan
  - 5). Proteksi tambahan dengan Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS)
2. Proteksi dari sentuh tak langsung adalah sentuh pada bagian konduktif terbuka (BKT) perlengkapan atau instalasi listrik yang menjadi bertegangan akibat kegagalan isolasi. BKT perlengkapan atau instalasi listrik adalah bagian konduktif yang tidak merupakan bagian dari sirkit listriknya, yang dalam pelayanan normal tidak bertegangan, tetapi dapat menjadi bertegangan dalam kondisi gangguan.

### 2.2.1. Pengaruh Besar Tahanan Terhadap Sistem Tenaga Listrik.

Berdasarkan hukum ohm, besar tahanan mempengaruhi sistem tenaga listrik yang dapat disimpulkan antara lain :

- a. Makin besar tahanan tanah, tegangan sentuh makin besar.
- b. Makin besar tahanan tanah pada tiang transmisi, makin besar tegangan puncak tiang.
- c. Makin besar tahanan tanah pada tiang transmisi, makin banyak jumlah Isolator yang harus dipasang (jumlah isolator makin panjang).
- d. Tahanan tanah mempengaruhi penampilan saluran (*line performance*).

Pengaruh tahanan pentanahan yang kecil pada sistem:

1. Mengurangi tegangan pada puncak tiang
2. Mengurangi tegangan pada kawat penghantar
3. Mengurangi tegangan pada isolator
4. Mengurangi gangguan sampai beberapa gawang
5. Mengurangi waktu berlangsungnya tegangan merusak (Break Down voltage).

Dari rumus untuk menentukan tahanan tanah dari suatu elektroda yang hemispherical  $R = \rho/2\pi r$  terlihat bahwa tahanan pentanahan ( $R$ ) berbanding lurus dengan besarnya Tahanan Jenis Tanah ( $\rho$ ). Untuk berbagai tempat harga Tahanan Jenis Tanah ( $\rho$ ) ini tidak sama dimana ketidak samaan tersebut tergantung jenis tanah seperti terlihat pada Tabel 2.1. Tahanan Jenis Berbagai Jenis Tanah.



Tabel 2.1. Tahanan Jenis Berbagai Jenis Tanah [8]

No.	JENIS TANAH	TAHANAN JENIS TANAH( ohm meter )
1.	Tanah yang mengandung air garam	5 – 6
2.	Rawa	30
3.	Tanah liat	100
4.	Pasir Basah	200
5.	Batu-batu kerikil basah	500
6.	Pasir dan batu krikil kering	1000
7.	Batu	3000

Kondisi tanah atau jenis tanah pada Tabel 2.1. diatas memiliki nilai tahanan jenis tahanan yang berbeda yang disebabkan beberapa faktor antara lain :

#### 1. Sifat geologi tanah

Ini merupakan faktor utama yang menentukan tahanan jenis tanah. Bahan dasar dari pada tanah relatif bersifat bukan penghantar. Tanah liat umumnya mempunyai tahanan jenis terendah, sedang batu-batuan dan quartz bersifat sebagai insulator.

#### 2. Komposisi zat – zat kimia dalam tanah

Kandungan zat – zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula. Didaerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah

yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

### 3. Kandungan air tanah

Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%. Dalam salah satu test laboratorium untuk tanah merah penurunan kandungan air tanah dari 20% ke 10% menyebabkan tahanan jenis tanah naik samapai 30 kali. Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit sekali.

### 4. Temperatur tanah

Temperatur bumi pada kedalaman 5 feet (= 1,5 m) biasanya stabil terhadap perubahan temperatur permukaan. Bagi Indonesia daerah tropic perbedaan temperatur selama setahun tidak banyak, sehingga faktor temperatur boleh dikata tidak ada pengaruhnya.

5. Selain itu faktor perubahan musim juga mempengaruhinya, baik perubahan musim dari musim hujan ke musim kemarau ataupun sebaliknya

## **2.2.2. Struktur Tanah.**

Struktur tanah merupakan gumpalan tanah yang berasal dari partikel-partikel tanah yang saling merekat satu sama lain karena adanya perekat misalnya eksudat akar, hifa jamur, lempung, humus, dan lain lain. Ikatan partikel tanah berwujud

sebagai agregat tanah yang membentuk dirinya. Pengamatan struktur tanah di lapangan [3] terdiri dari :

1. Pengamatan bentuk dan susunan agregat tanah tipe struktur (lempeng, tiang, gumpal, remah, granuler, butir tunggal, pejal)
2. Besarnya agregat klas struktur (sangat halus, halus, sedang, kasar, sangat kasar)
3. Kuat lemahnya bentuk agregat derajat struktur (tidak beragregat, lemah, sedang, kuat).

Parameter – Parameter dari struktur tanah antara lain :

#### 1. Konsistensi Tanah.

Konsistensi tanah adalah derajat kohesi dan adhesi antara partikel-partikel tanah dan ketahanan massa tanah terhadap perubahan bentuk oleh tekanan dan berbagai kekuatan yang mempengaruhi bentuk tanah. Konsistensi ditentukan oleh tekstur tanah dan struktur tanah. Cara penentuan konsistensi tanah dapat dilakukan dengan cara antara lain dilapangan dengan memijit tanah dalam kondisi kering, lembab dan basah atau dengan cara dilaboratorium melakukan perhitungan angka-angka Atterberg.

Penentuan di lapangan menentukan kondisi dalam :

- Kondisi kering : kekerasan (lepas, lunak, keras)
- Kondisi lembab : keteguhan (lepas, gembur, teguh)
- Kondisi basah : kelekatan dan plastisitas

Penentuan di laboratorium : menentukan Batas Cair (BC), Batas Lekat (BL), Batas gulung (BG) dan Batas Berubah Warna (BBW)

- Batas Cair : Kadar air yang dapat ditahan oleh tanah
- Batas Lekat : Kadar air dimana tanah tidak melekat ke logam
- Batas Berubah Warna adalah batas air dimana air sudah tidak dapat diserap oleh akar tanaman karena terikat oleh tanah
- Jangka Olah (JO) : kadar air dimana tanah mudah diolah (BL-BG)
- Derajat keteguhan (DT) : BC-BG
- Surplus positif :  $BL > BC$  artinya tanah mudah merembeskan air;
- Surplus negatif :  $BL < BC$  : tanah sukar merembeskan air

## 2. Lengas Tanah.

Lengas tanah adalah air yang terikat oleh berbagai gaya, misalnya gaya ikat matrik, osmosis dan kapiler. Gaya ikat matrik berasal dari tarikan antar partikel tanah dan meningkat sesuai dengan peningkatan permukaan jenis partikel tanah dan kerapatan muatan elektrostatik partikel tanah. Gaya osmosis dipengaruhi oleh zat terlarut dalam air maka meningkat dengan semakin pekatnya larutan, sedang gaya kapiler dibangkitkan oleh pori-pori tanah berkaitan dengan tegangan permukaan. Jumlah ketiga gaya tersebut disebut potensial lengas tanah atau tegangan lenghas tanah, dan menjadi ukuran kemampuan tanah melawan gaya grafitasi

### 3. Kepadatan Tanah.

Kepadatan tanah (*density*) adalah berat padatan suatu obyek dibagi volume padatan. Kepadatan tanah ada 2 yaitu :

#### (1) Partikel Density (PD)

Partikel density (PD) adalah berat padatan tanah (*solid, without pore*) dibagi dengan volumenya (*solid, without pore*)

- PD kebanyakan tanah adalah 2,6 – 2,7 g/cm<sup>3</sup>
- Kepadatan padatan (*solid*) tanah mendekati kepadatan kuarsa (2,6 gr/cm<sup>3</sup>) karena kebanyakan mineral tanah adalah mineral silikat
- Adanya besi dan mineral berat lainnya (seperti olivin) cenderung meningkatkan PD.

#### (2) Bulk Density (BD)

Bulk Density (BD) : berat padatan (pada kering konstan) dibagi total volume (padatan + pori)

- BD tanah yang ideal berkisar antara 1,3 -1,35 g/cm<sup>3</sup>.
- BD pada tanah berkisar > 1,65 g/cm<sup>3</sup> untuk tanah berpasir ; 1,0-1,6 g/cm<sup>3</sup> pada tanah geluh yang mengandung BO tanah sedang – tinggi
- BD mungkin lebih kecil dari 1 g/cm<sup>3</sup> pada tanah dengan kandungan BO tinggi.
- BD sangat bervariasi antar horizon tergantung pada tipe dan derajat agregasi, tekstur dan BO tanah. Bulk density sangat sensitif terhadap pengolahan tanah. Tillage benar, BD turun dan sebaliknya.

#### 4. Porositas Tanah.

Porositas tanah mencakup dari distribusi dan kontinuitas pori menentukan aliran air dan udara. Persen pori 50% merupakan kondisi ideal tanah dimana setengahnya makro pori untuk meneruskan air karena adanya gravitasi dan setengahnya mikropori untuk menahan air dari tarikan gravitasi, tanah mineral normalnya 30-60%. Jumlah pori ditentukan oleh tekstur dan tipe lempungnya.

#### 5. Tekstur Tanah.

Tekstur tanah diartikan sebagai proporsi pasir, debu dan lempung. Partikel ukuran lebih dari 2 mm, bahan organik dan agen perekat seperti kalsium karbonate harus dihilangkan sebelum menentukan tekstur. Tanah bertekstur sama misal geluh berdebu mempunyai sifat fisika dan kimia yang hampir sama dengan syarat mineralogi lempung. Tekstur tanah ditentukan di lapangan dengan cara melihat gejala konsistensi dan rasa perabaan menurut bagan alir dan di laboratorium dengan metode pipet atau metode hidrometer. Tekstur tanah menentukan tata air, tata udara, kemudahan pengolahan dan struktur tanah.

Warna tanah disebabkan oleh adanya bahan organik, dan atau status oksidasi senyawa besi dalam tanah. Tanah yang dibentuk oleh bahan induk basalt sering berwarna sangat gelap jika tanah tersebut mengandung sedikit atau tidak ada bahan organik. Status oksidasi besi terutama di lapisan bawah: tanah yang aerasi dan drainase bagus, senyawa besi berada dalam bentuk oksidasi ( $\text{ferri/ Fe}^{3+}$ ) dan memberikan warna merah atau kuning; tanah yang aerasi dan drainase jelek,

senyawa besi tereduksi dalam bentuk ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) akan memberikan warna abu-abu (*grey*).

### **2.3. Petir.**

Petir adalah suatu fenomena alam, yang pembentukannya berasal dari terpisahnya muatan di dalam awan kumulonimbus. Awan kumulonimbus adalah sebuah awan vertikal menjulang yang sangat tinggi, padat, dan terlibat dalam badai petir dan cuaca dingin lainnya [4]. Umumnya muatan negatif terkumpul dibagian bawah dan ini menyebabkan terinduksinya muatan positif di atas permukaan tanah, sehingga membentuk medan listrik antara awan dan tanah. Indonesia terletak didaerah katulistiwa yang panas dan lembab, mengakibatkan terjadinya hari guruh (IKL) yang sangat tinggi dibanding daerah lainnya (100 -200 hari pertahun) , bahkan daerah cibinong sempat tercatat pada Guinness Book of Records 1988, dengan jumlah 322 petir per tahun. Kerapatan sambaran petir di Indonesia juga sangat besar yaitu  $12/\text{km}^2/\text{tahun}$  yang berarti pada setiap luas area  $1 \text{ km}^2$  berpotensi menerima sambaran petir sebanyak 12 kali setiap tahunnya. Energi yang dihasilkan oleh satu sambaran petir mencapai 55 Kwh.

Proses terjadinya petir akibat perpindahan muatan negatif (elektron) menuju ke muatan positif (proton). Para ilmuwan menduga lompatan bunga api listriknya sendiri terjadi, ada beberapa tahapan yang biasanya dilalui. Pertama adalah pemampatan muatan listrik pada awan bersangkutan. Umumnya, akan menumpuk di bagian paling atas awan adalah listrik muatan negatif, di bagian tengah adalah listrik bermuatan positif, sementara di bagian dasar adalah muatan negatif yang berbaaur dengan muatan positif, pada bagian inilah petir biasa berlontaran. Petir

dapat terjadi antara awan dengan awan, dalam awan itu sendiri, antara awan dan udara, antara awan dengan tanah (bumi).

Terdapat 2 teori yang mendasari proses terjadinya petir :

#### 1. Proses Ionisasi

Sambaran Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*Electrical Discharge*) yang terjadi di atmosfer, hal ini disebabkan berkumpulnya 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 ion tersebut akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi maka inilah yang disebut petir.

#### 2. Gesekan Antar Awan

Pada awalnya awan bergerak mengikuti arah angin, selama proses Bergeraknya awan ini maka saling bergesekan satu dengan yang lainnya, dari proses ini terlahir elektron-elektron bebas yang memenuhi permukaan awan. Proses ini bisa di simulasikan 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 electron-elektron bebas ini saling menguatkan satu



dengan lainnya. Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi.

Sambaran petir memiliki dampak antara lain

- Kerusakan harta benda dan kematian umat manusia yang disebabkan oleh sambaran petir di negara kita relatif tinggi.
- Meninggalnya seorang petani yang sedang bekerja di sawah sampai
- Terhentinya produksi sebuah kilang minyak penghasil devisa negara disebabkan oleh sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung yaitu melalui radiasi, konduksi atau induksi gelombang elektromagnetik petir.

Ancaman sambaran petir pada peralatan canggih perlu diwaspadai dan upaya perlindungan terhadap instalasi, bangunan yang berisikan peralatan elektronik seperti pada industri, bank, instalasi penting, militer, bahkan perorangan perlu ditingkatkan. Sambaran petir pada tempat yang jauh + 1,5 km sudah dapat merusak sistem elektronika dan peralatan, seperti instalasi komputer, telekomunikasi kantor dan instrumentasi serta peralatan elektronik sensitif lainnya.

Penangkal Petir Luar dengan Sistem Pentanahan hanya bisa melindungi bangunan dari sambaran petir langsung, tetapi tidak bisa melindungi perangkat / peralatan elektronik / peralatan telekomunikasi dari kerusakan. Akibat sambaran petir langsung ataupun sambaran tidak langsung maka tegangan kejut / arus kejut masih bisa muncul dalam bangunan gedung. Tegangan kejut / arus kejut tersebut dapat muncul melalui hubungan kapasitif pada perkabelan, atau melalui

gelombang elektromagnetik yang menembus tembok gedung dan tertangkap oleh perkabelan ( kabel listrik, telepon, data, wave guide antena, dll. ) sehingga menimbulkan induksi transient. Karena itu , selain sistem grounding diperlukan Perlindungan Dalam ( *Internal Protection* ).

Akibat petir secara sistem kelistrikan terjadi transient, yaitu tegangan kejut ( *surge voltage* ) dan arus kejut ( *surge current* ) yang besar bahkan bisa mencapai ratusan ribu Volt dan ratusan ribu Ampere , dan hanya berlangsung hanya sekejap. Transient ini berenergi besar dan bisa menimbulkan loncatan bunga api listrik ( *Spark* ) sehingga menimbulkan kerusakan di tempat yang tak terkontrol. Semakin canggih peralatan elektronik / telekomunikasi maka semakin peka peralatan tersebut pada gangguan transient.

Kerusakan yang ditimbulkannya baik melalui sambaran langsung ataupun sambaran tidak langsung yang sering terjadi ( terutama melalui induksi ) dapat berakibat fatal bagi perangkat. *Down Time* perangkat yang merugikan , misalnya walaupun yang rusak hanya beberapa *card control* pada perangkat yang harganya hanya ratusan ribu rupiah tetapi dapat mengakibatkan tidak berfungsinya satu sistem/perpu. Tentunya hal ini akan mengakibatkan hilangnya pendapatan milyaran rupiah, bahkan dapat mengakibatkan keluhan ataupun hilangnya kepercayaan pelanggan, ataupun memperburuk citra perusahaan. Kerusakan yang diakibatkan sambaran petir tergantung dari jarak sambaran dan besar kecilnya petir serta kepekaan peralatan , bisa bermacam-macam jenis kerusakan.

- Kerusakan yang kelihatan langsung dengan mata , misalnya : terbakarnya komponen perangkat / *card module*.
- Kehilangan data-data penting atau berubahnya keluaran dari suatu perangkat ( lari dari speck teknis ) sehingga harus di reset / di setting ulang.
- Degradasi : berkurangnya umur peralatan. Tanpa terlihat / terdeteksi adanya kerusakan tetapi umur peralatan berkurang, misalnya seharusnya 20 tahun menjadi 5 tahun.

### **2.3.1. Sistem Perlindungan Sambaran Petir.**

Mengingat akibat sambaran petir cukup berbahaya, maka munculah berbagai usaha untuk mengatasi sambaran petir. Dalam teknik penangkal petir dikelompokkan menjadi :

#### **1. Sistem Penangkal Petir Konvensional.**

Sistem ini menggunakan ujung metal yang runcing sebagai pengumpul muatan dan di letakan pada tempat yang tinggi sehingga petir di harapkan menyambar ujung metal tersebut terlebih dahulu. Sistem ini memiliki kelemahan di mana apabila sistem penyaluran arus petir ke tanah tidak berfungsi dengan baik maka ada kemungkinan timbul kerusakan pada peralatan elektronik yang sangat peka terhadap medan transien. Ada beberapa macam alat penangkal petir konvensional, yaitu:

#### A. Sistem Franklin Rod.

Telah banyak buku-buku yang membahas mekanisme kilat, biasanya bila pada awan terjadi aktivitas pembentukan atau pengumpulan muatan, maka pada permukaan bumi ( merupakan bayangan dari awan ) terinduksi muatan dengan polaritas yang berlawanan itu, timbulah medan listrik yang amat kuat diantara awan dan bumi. Medan listrik yang amat kuat itu menyebabkan objek-objek di permukaan bumi yang letaknya relatif tinggi seperti misalnya puncak pohon, ujung atap bangunan dan sebagainya serentak melepaskan muatan yang berasal dari bumi berupa ion-ion positif. Ion-ion ini membentuk saluran seperti pita udara yang bergerak ke arah pita yang dibentuk oleh ion-ion yang berasal dari muatan negatif dari awan. Bila kedua ujung pita ini bertemu di suatu titik udara, maka terjadilah sambaran balik.

Berdasarkan teori ini, Franklin menempatkan sebuah batang penangkal petir dengan ujungnya dibuat runcing di bagian teratas dari bagian yang akan dilindungi. Ujung batang penangkal petir ini dibuat runcing dengan tujuan agar pada keadaan dimana terjadi aktivitas penumpukan muatan di awan, maka diujung itulah akan terinduksi muatan dengan rapat muatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan rapat muatan dari muatan-muatan yang terdapat pada bagian-bagian lain dari bangunan, dengan demikian dapat diharapkan bahwa kilat akan menyambar ujung dari batang penangkal petir itu terlebih dahulu. Batang penangkal petir ini kemudian di ketanahkan melalui penghantar turun ke elektroda pengetanahan. Tujuan dari penghantar turun dan elektroda pengetanahan adalah sebagai jalan “ *by pass* “ bagi muatan bumi dan juga arus kilat untuk keluar atau

memasuki bumi sehingga muatan bumi atau arus kilat tidak mengambil jalan melalui bagian-bagian lain dari bangunan yang bersangkutan.

Penangkal Petir Franklin merupakan rangkaian jalur konduktor dari atas bangunan ke sisi bawah / *grounding* dengan jalur kabel tunggal (satu buah kabel BC penurunan). dengan dasar pemikiran bahwa petir akan condong menyambar dari sisi atas, sehingga efisiensi dan penghematan material bahan bisa dilakukan. Sistem Franklin Rod berupa kerucut tembaga dengan daerah perlindungan berupa kerucut imajiner agar daerah perlindungan besar. Franklin Rod dapat dilihat berupa tiang-tiang di bubungan atap bangunan. Pengamanan bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan sistem penangkal petir Franklin merupakan cara yang tertua namun masih sering digunakan karena hasilnya dianggap cukup memuaskan, terutama untuk bangunan-bangunan dengan bentuk tertentu, seperti misalnya : menara, gereja dan bangunan-bangunan lain yang beratap runcing.



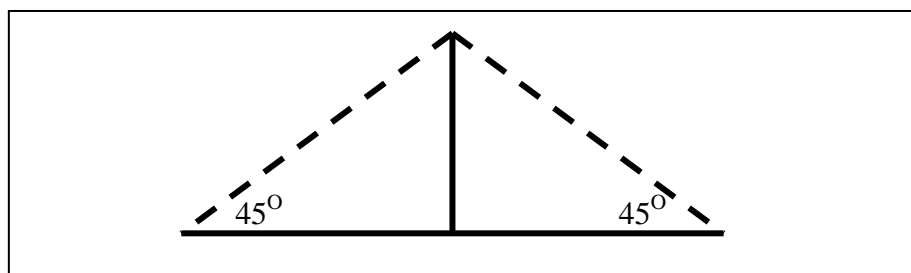
Gambar 2.1. Instalasi Penangkal Petir Sistem Franklin. [5]

Gambar 2.1 merupakan contoh penggunaan sistem penangkal petir konvensional

Sistem Franklin Rod terdiri dari komponen-komponen :

- Alat penerima logam tembaga ( logam bulat panjang runcing )
- Kawat penyalur dari tembaga
- Pertanahan kawat penyalur sampai pada bagian tanah basah.
- Sistem perlindungan dengan bentuk sudut  $\pm 45^\circ$ .

Alat penerima berupa logam tembaga yang dipasang secara vertikal diujung atap gedung atau rumah memiliki radius perlindungan yang terukur dan berbentuk segitiga dengan sudut  $45^\circ$  yang tergambar pada gambar dibawah ini



Gambar 2.2. Sistem Perlindungan Sistem Franklin.[6]

#### B. Sistem Faraday.

Untuk mengatasi kelemahan Sistem Franklin Rod karena adanya daerah yang tidak terlindungi dan daerah dimana perlindungan melemah bila jarak makin jauh dari Franklin Rod maka di buat Sistem Faraday. Sistem Faraday mempunyai sistem dan sifat seperti franklin rod, tapi pemasangannya di seluruh permukaan atap dengan tinggi tiang yang lebih rendah. Sistem Faraday merupakan rangkaian jalur elektrik dari bagian atas bangunan menuju sisi bawah/ grounding dengan banyak jalur penurunan kabel penghantar petir. Sehingga menghasilkan selubung jalur konduktor yang menyerupai sebuah sangkar yang melindungi bangunan dari

semua sisi kemungkinan sambaran , tentu pemasangan kabel penghantar berada disisi luar bangunan dan diletakkan disisi sudut-sudut bangunan. Sistem pengaman bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan Prinsip kerja dari Sistem Faraday dapat dikatakan sama dengan Sistem Penangkal Petir Franklin. Perbedaannya hanyalah terletak dalam segi penggunaan ujung penangkal dimana bila pada sistem penangkal petir Franklin digunakan batang-batang penangkal petir yang vertikal, maka pada sistem Sangkar Faraday digunakan konduktor-konduktor horizontal.

Sambaran kilat biasanya mengenai bagian-bagian yang runcing atau ujung-ujung dari atap bangunan, hal ini disebabkan karena pada bagian-bagian inilah terdapat rapat muatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan rapat muatan dari bagian-bagian atap yang lain dari bangunan tersebut. Oleh karena itu maka pada bagian-bagian yang berbahaya tersebut perlu dipasang konduktor horisontal yang berfungsi sebagai obyek sambaran kilat, sehingga bagian-bagian lain dari atap bangunan tersebut terlindung. Untuk bangunan-bangunan yang beratap luas, perlu ditambahkan beberapa konduktor horisontal lagi diantaranya. Konduktor-konduktor itu harus terhubung secara listrik satu dengan yang lain. Ini adalah prinsip dari Sistem Faraday dimana konduktor-konduktor horisontal yang dipasang di bagian teratas lalu terhubung melalui konduktor saluran ke tanah dan terhubung ke elektroda pengetanahan dari bangunan seolah-olah membentuk sangkar pelindung yang melindungi bangunan tersebut terhadap induksi atau masuknya muatan dari luar yang membahayakan bangunan tersebut.



Gambar 2.3. Instalasi Penangkal Petir Sistem Faraday. [5]

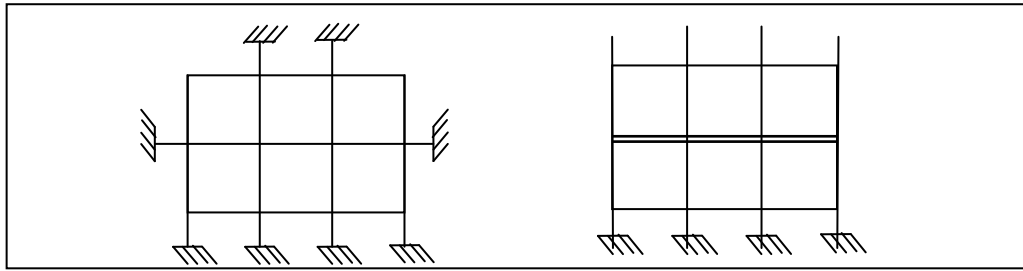
Pemasangan finial franklin pada instalasi penangkal petir sistem faraday gambar 2.3 hampir sama dengan instalasi finial franklin pada sistem franklin rod. Yang membedakan adalah pada setiap sudut atau ujung dari gedung ditanahkan. Sehingga memiliki perbedaan perlindungan dengan sistem franklin rod yang tergambar pada gambar 2.4 di bawah.

Komponen-komponen dari sistem Faraday antara lain :

- Alat penerima kawat mendatar
- Kawat dari tembaga
- Pertanahan kawat penyalur sampai pada bagian tanah yang basah.

Perlindungan bangunan memperhatikan jarak antar kawat mendatar tidak melebihi 20 m pada titik-titik yang tertentu diberi ujung vertikal  $\frac{1}{2}$  m.





Gambar 2.4. Sistem Perlindungan Sistem Faraday. [6]

## 2. Sistem Penangkal Petir Elektrostatik.

Penangkal petir elektrostatik merupakan pengembangan terhadap penangkal petir konvensional. Pada prinsipnya sama, yaitu sebagai tameng atau perisai yang mengambil alih sambaran petir. Perbedaannya terletak pada bagaimana cara mengalihkan sambaran petir tersebut.

Prinsip penangkal petir elektrostatik didasarkan pada ion-ion yang dihasilkan oleh dua elektroda pada ujung penangkal petir. Di bawah pengaruh medan listrik antara awan dengan bumi, akan ada beda potensial di antara kedua elektroda. Tegangan antara kedua elektroda ini dapat menyebabkan percikan peluahan listrik membuat molekul-molekul udara disekitar kedua elektroda mengalami ionisasi sehingga mempercepat proses terbentuknya *upward streamer* dari penangkal petir. Proses pembentukan *upward streamer* yang lebih awal menyebabkan *upward streamer* yang terbentuk menjadi lebih tinggi dari kondisi biasa pada penangkal petir konvensional. Oleh karena itu, penangkal petir elektrostatik seolah-olah memiliki tinggi efektif perlindungan yang lebih tinggi dari penangkal petir yang sebenarnya.

#### A. Sistem Ionization Corona.

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

#### B. Sistem Radioaktif.

Meskipun merupakan sistem penarik petir terbaik, namun sudah di larang penggunaannya karena radiasi yang di pancarkannya dapat mengganggu kesehatan manusia. Selain itu sistem akan berkurang radius pengamanannya bersamaan dengan waktu radioaktifnya. Penggunaan unsur radioaktif dalam sistem penangkal petir baru dikenal pada tahun 1914, inspirasi penggunaan radioaktif dalam sistem penangkal petir pertama kali dikemukakan oleh seseorang dari Hungaria yaitu Szillard J.B. pada “ *Academy of Sciences* “ di Paris pada tanggal 9 maret 1914 dalam papernya yang berjudul *Sur un paratonnerre au Radium*. Sejak saat itu bermacam-macam sistem penangkal petir menggunakan unsur radioaktif dikembangkan lebih dalam. Pada tahun 1972, Baatz mengembangkannya dengan Americium 241 dan tentunya melalui berbagai penelitian dengan mempertimbangkan hasil penelitian dari Müller Hillebrand

(1962) dianggap lebih tidak berbahaya dibanding sumber ionisasi lain seperti Cobalt, Krypton, Radium dan Plutonium.

Pada prinsipnya, sistem penangkal petir diatas sama dengan sistem penangkal petir Franklin, hanya dikembangkan lebih lanjut yaitu dengan memperlengkapi kepala dari batang penangkal petirnya dengan unsur radioaktif yang memancarkan sinar alpha dengan intensitas yang cukup besar sehingga mampu mengionisasi udara di sekitar kepala batang penangkal petir tersebut.

Pada proses awal terjadinya petir di awan hingga diterima sambaran petir melalui alat penerima berupa finial franklin terdapat tiga pokok proses yaitu :

a. Ionisasi.

Proses disintegrasi dari unsur radioaktif biasanya disertai oleh pancaran sinar alpha, beta dan gamma. Sinar alpha mempunyai susunan atom yang sama dengan unsur helium, bermuatan positif sebesar + 2 atau  $q = 3.2 \times 10^{-19}$  C dengan massa  $6.65 \times 10^{-27}$  kg. Sinar beta terdiri atas elektron-elektron dengan muatan  $q = 1.6 \times 10^{-19}$  C dan massanya  $9.1 \times 10^{-31}$  kg. Sinar alpha serupa dengan sinar X. Kemampuan mengionisasi dari sinar-sinar  $\alpha : \beta : \gamma$  adalah 10000 : 100 : 1, jadi walaupun jarak radiasi dari sinar  $\alpha$  hanya beberapa cm saja, namun karena kemampuan mengionisasi udara sinar  $\alpha$  sangat besar maka dalam penggunaan unsur radioaktif pada sistem penangkal petir, sinar  $\alpha$  mempunyai arti yang paling penting.

- b. Ionisasi tumbukan pada keadaan dimana terjadi penumpukan muatan di awan.

Antara awan dan bumi timbul medan listrik yang kuat. Ion-ion yang berasal dari udara yang diionisasi oleh sinar  $\alpha$ , dengan adanya medan listrik tersebut akan mendapat percepatan yang sanggup melepaskan ion-ion dari atom-atom udara yang berada di sekitarnya. Demikianlah terjadi tumbukan secara terus-menerus yang merupakan reaksi berantai yang disebut ionisasi tumbukan.

- c. Gradien tegangan di udara.

Pada keadaan terjadi penumpukan muatan di awan., gradien tegangan udara antara awan dan bumi akan naik, sedangkan gradien tegangan yang besar ini sangat mempengaruhi pembentukan ion-ion di udara. Gradien tegangan yang diperlukan agar terjadi ionisasi tumbukan adalah minimum 40 kV, dengan ketinggian kepala dari batang penangkal petir 20 m dari permukaan tanah, terlihat bahwa gradien di tempat tersebut dapat mencapai 400 kV sehingga hal ini dapat memastikan ionisasi tumbukan terjadi.

Ketiga uraian yang baru lalu menggambarkan proses kegunaan dari unsur radioaktif pada sistem penangkal petir. Bila ion-ion yang dihasilkan dalam proses berantai itu bertemu dengan ion-ion yang berasal dari awan , maka terjadilah sambaran kembali yaitu mengalirnya arus kilat melalui jalan yang dibentuk oleh ion-ion tadi ke bumi. Untuk memenuhi keperluan tersebut cukup dengan cara menempatkan lempengan yang mengandung zat radioaktif berlapis emas dan paladium pada posisi sekeliling ujung finial biasa.

Namun pada penelitian lebih lanjut ternyata tetap memberi kemungkinan membahayakan manusia karena radiasinya ditambah lagi oleh Cassie (1969) telah memperhitungkan secara teknis dan menyimpulkan bahwa pemakaian radioaktif tidak terlalu efektif. Untuk pemasangan sistem ini di Indonesia telah diatur dan pemasangannya dilarang sesuai keputusan Menaker dan Dirjen BATAN No. 45/DJ/31/III/77 tentang pemakaian, bersama membuat surat keputusan no.Kep.1880/Men./1987-PN 00 01/193/DJ/97 tentang “Penertiban izin pemakaian penangkal petir radioaktif dan larangan pemasangan yang baru”, Resiko yang terjadi selama pemasangan adalah disaat terjadi lecet/kelainan/ tergores karena kesalahan manusia, tiupan angin, penyinaran partikel berat alpha dan pengaruh lainnya pada pelindung zat radioaktif tersebut. Ketika terjadi hujan maka wadah radionuklida akan tercuci sehingga menghasilkan air encer yang terkontaminasi yang selanjutnya dapat mencemari tanah. Sehubungan dengan resiko dan larangan pemasangan maka Menaker juga mengeluarkan JUKLAK pelaksanaan pembongkaran penangkal petir radioaktif yang meliputi instansi yang boleh membongkar, cara pembongkaran, cara pengiriman dan lain-lain.

Sistem Radioaktif terdiri dari komponen :

a. Elektroda

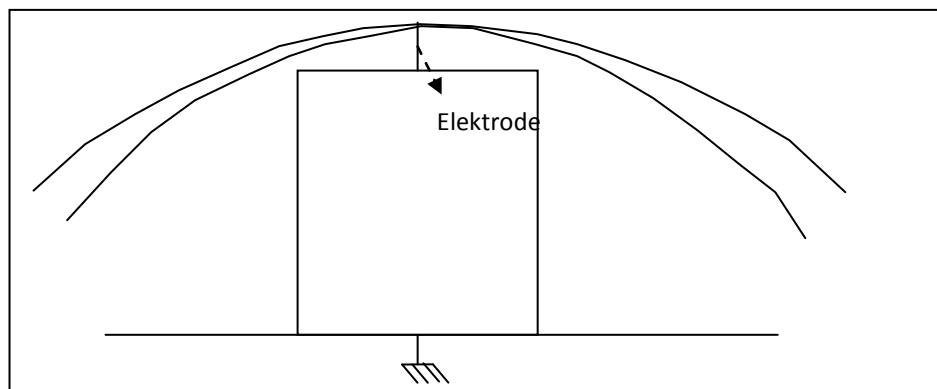
Udara disekeliling elektrode akan di ionisasi, akibat pancaran partikel alpa dari isotop ( americum 241 ). Elektrode akan terus menerus menciptakan arus ion ( Min.  $10^8$  ion/det. ).

b. Coaxial kabel

Untuk menghindari kerusakan benda-benda akibat muatan listrik petir yang menuju tanah maka coaxial kabel dibungkus pipa isolasi. Metode tahanan langsung dari muatan listrik petir ke dalam tanah menyebabkan seluruh unit mempunyai potensial yang sama dengan bumi. Sehingga benda-benda yang berada disekitar system akan aman.

c. Pentanahan

Perlu test lokasi geografis dari pentanahan untuk mencari nilai mendekati nilai tahanan pentanahan sebesar 5 ohm.



Gambar 2.5. Sistem Perlindungan Sistem Radioaktif. [6]

3. Dissipation Array System (DAS).

Sistem ini menggunakan banyak ujung runcing (*point discharge*) di mana setiap bagian benda yang runcing akan mengarahkan muatan listrik dari benda itu sendiri ke molekul udara di sekitarnya. Sistem ini mengakibatkan benda itu sendiri ke molekul udara di sekitarnya. Sistem ini mengakibatkan turunnya beda potensial antara awan dengan bumi sehingga mengurangi kemampuan awan untuk melepaskan muatan listriknya.[7]

Dari ketiga sistem penangkal petir yang ada, tentunya pertimbangan keamanan, biaya dan estetika menjadi acuan utama untuk memilih dan memakai sistem proteksi yang sesuai untuk bangunan.

#### **2.4. Sistem Pentanahan.**

Berdasarkan tujuan pentanahan, sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

##### **1. Pentanahan sistem (Pentanahan titik netral).**

Pentanahan sistem yang dimaksud menghubungkan titik netral peralatan (trafo) ke tanah. Pentanahan sistem bertujuan:

- Melindungi peralatan/saluran dari bahaya kerusakan yang diakibatkan oleh adanya gangguan fasa ke tanah;
- Melindungi peralatan/saluran terhadap bahaya kerusakan isolasi yang diakibatkan oleh tegangan lebih;
- Untuk keperluan proteksi jaringan;
- Melindungi makhluk hidup terhadap tagangan langkah (*step voltage*);

##### **2. Pentanahan statis (Pentanahan peralatan)**

Pentanahan ini dilakukan dengan menghubungkan semua kerangka peralatan (*metal work*) yang dalam keadaan normal tidak dialiri arus sistem ke sistem pentanahan *switchyard* (mess atau rod). Pentanahan statis bertujuan:

- Melindungi makhluk hidup terhadap tegangan sentuh;
- Melindungi peralatan tegangan rendah terhadap tegangan lebih.

## Macam-Macam Elektroda Pentanahan

Pada dasarnya terdapat tiga macam elektroda pentanahan yaitu:

1. Elektroda Pita, berupa pita atau kawat berpenampang bulat yang ditanam di dalam tanah umumnya penanamannya tidak terlalu dalam (0,5 - 1 meter) dan caranya ada bermacam-macam.



Gambar 2.6. Elektroda Pita [8]

Elektroda pita jenis ini terbuat dari bahan metal berbentuk pita atau juga kawat BC yang di tanam di dalam tanah secara horizontal sedalam  $\pm 2$  feet. Elektroda pita ini bisa dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan jenis rendah pada permukaan dan pada daerah yang tidak mengalami kekeringan. Hal ini cocok untuk daerah – daerah pegunungan dimana harga tahanan jenis tanah makin tinggi dengan kedalaman.

2. Elektroda Batang, berupa batang yang ditanam tegak lurus dalam Tanah.



Gambar 2.7. Elektroda Batang [8]

Elektroda batang terbuat dari batang atau pipa logam yang di tanam vertikal di dalam tanah. Biasanya dibuat dari bahan tembaga, stainless steel atau galvanised steel. Perlu diperhatikan pula dalam pemilihan bahan agar terhindar dari galvanic couple yang dapat menyebabkan korosi. Ukuran Elektroda : diameter 5/8 ” - 3/4 ” Panjang 4 feet – 8 feet. Elektroda batang ini mampu menyalurkan arus discharge petir maupun untuk pemakaian pentanahan yang lain.



3. Elektroda pelat, berupa pelat yang ditanam tegak lurus dalam tanah. Elektroda ini terdapat tiga macam bentuk yaitu :

- Bentuk Grid
- Bentuk Radial
- Bentuk Lingkaran

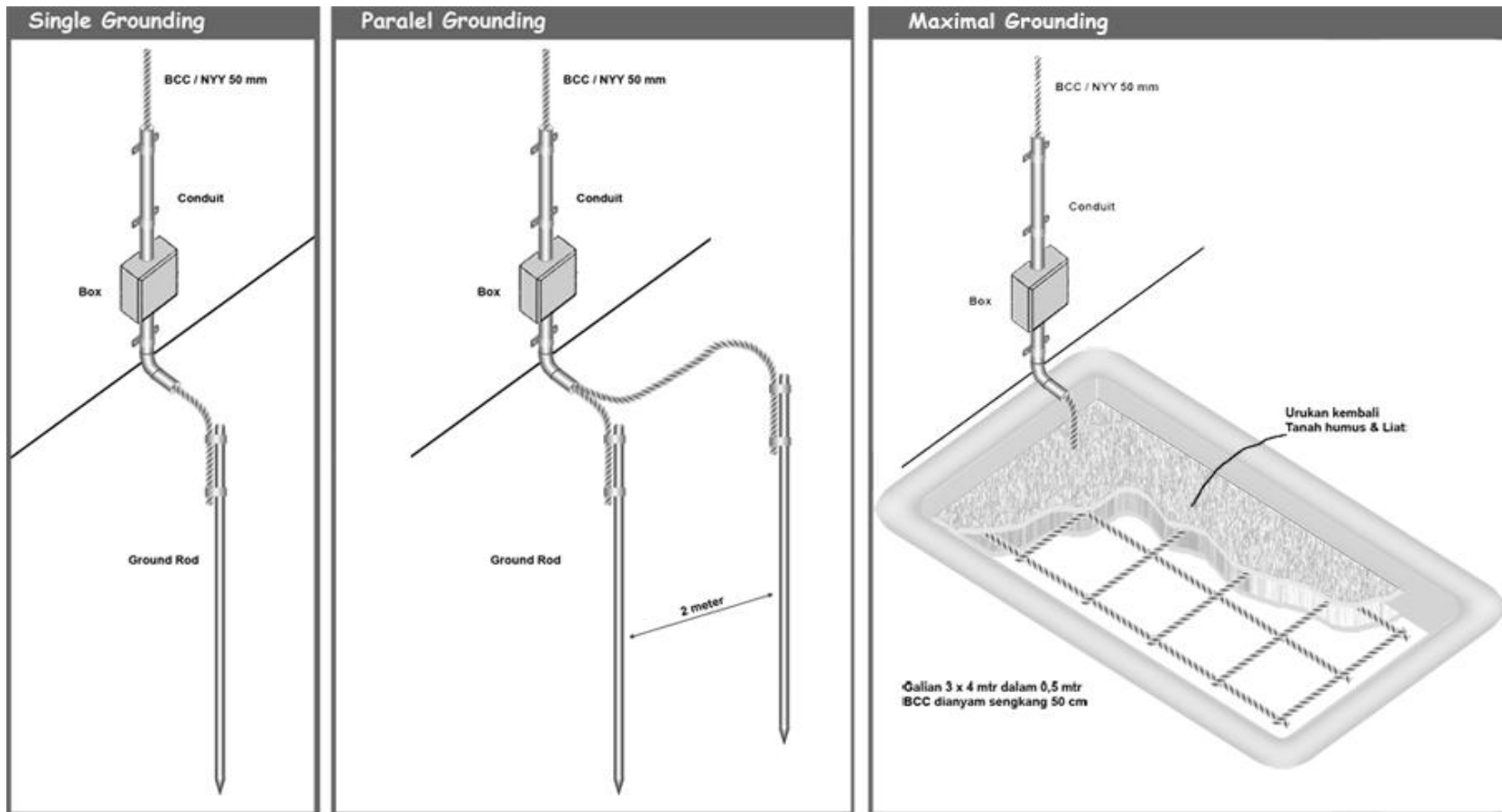
Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah. Cara penanaman biasanya secara vertical, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical adalah lebih praktis dan ekonomis.

Bagian-bagian yang ditanahkan dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan atau sering juga disebut dibumikan. Empat bagian dari instalasi listrik ini adalah :

1. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
2. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.

3. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai *lightning arrester*. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
4. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

Berikut adalah macam – macam instalasi elektroda pentanahan terlihat pada gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8. Macam Macam Sistem Pentanahan Elektroda Pentanahan. [9]