BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini sangat dan paling bersaing satu dengan yang lainnya. Baik dalam pengembangan sistim distribusi tenaga listrik atau peralatan-peralatan elektronika. Gangguan-gangguan yang terjadi biasanya diakibatkan oleh terjadinya hubung singkat dan gangguan ke tanah, atau sambaran petir. Gangguan-gangguan tersebut akan mengakibatkan penurunan tegangan atau kenaikan tegangan sehingga mengakibatkan penurunan stabilitas sistem, membahayakan jiwa orang serta dapat merusak peralatan elektronik. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem pentanahan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik.

Dalam sistem pentanahan, semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak mengalir dan merusak peralatan, ini berarti semakin baik sistem pentanahan tersebut. Pentanahan yang ideal memiliki nilai resitansi hingga mendekati nol.

Pada daerah atau lokasi dimana resistivitas tanah cukup tinggi, dengan kondisi tanah yang berbatu dan padas itu bisa menjadi tidak mungkin untuk melakukan suatu perbaikan penurunan impedansi sistem pentanahan dengan pentanahan pelat vertikal, Solusi yang mungkin dilakukan adalah dengan memberikan perlakuan khusus untuk memperbaiki nilai resistansi pentanahan.

Dari permasalahan tersebut maka penulis akan menggunakan arang tempurung sebagai perlakuan khusus dengan harapan nilai resistansi pentanahan turun.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah :

1. Bagaimana cara membuat sistem pentanahan pada kondisi tanah yang kering dan padas ?
2. Bagaimana cara mengurangi resistansi pentanahan dalam kondisi tanah yang kering atau padas ?

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya pembahasan ini maka penulis akan membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Menganalisa sistem pentanahan sebelum menggunakan arang tempurung
2. Memasang dan membuat sistem pentanahan dengan menggunakan arang tempurung.
3. Menganalisa data penelitian

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai resistansi sistem pentanahan sebelum dan sesudah menggunakan arang tempurung
2. Mengetahui pengaruh arang tempurung terhadap resistansi pentanahan pada elektroda plat

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai Tempat praktikum sistem pentanahan di jurusan teknik elektro
2. Memberikan konstribusi yang positif untuk pengetahuan tentang sistem pentanahan bagi mahasiswa teknik listrik DIII/DIV jurusan Teknik Elektro

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan laporan ini dibagi dalam empat (5) bab dan setiap bab dirinci kedalam beberapa sub bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar Belakang, Perumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, dan Manfaat Penelitian serta Sistematika Penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian Sistem Pentanahan

BAB III PENELITIAN DAN PENGUKURAN

Berisi tentang langkah-langkah penelitian, pengukuran Sistem pentanahan

BAB IV ANALISA DATA

Berisi tentang hasil analisa data yang didapat dari hasil penelitian dan pengukuran perhitungan pada Sistem Pentanahan

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Pentanahan

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai *grounding system* adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkuit listrik dengan bumi.

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu system proteksi. Tidak jarang orang umum/ awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan.Besaran yang sangatdominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatansistem suatu sistem pentanahan tersebut.

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah kedalam system pentanahan, sedangkan kenyataan yang terjadi suatu system pentanahan tersebut tidak pernah dialiri arus searah.Karena biasanya berupasinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya.

Perilaku tahanan system pentanahan sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke system pentanahan tersebut.Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi system pentanahan tersebut.

Besar impedansi pentanahan tersebut sangat dipengaruhi oleh banyakfaktor baik faktor internal atau eksternal. Yang dimaksud dengan faktor internal meliputi :

a. Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya).
b. Resistivitas relative tanah.
c. Konfigurasi system pentanahan.

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi :

a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah)
b. Frekwensi yang mengalir kedalam sistem pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harusdilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuksystem pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidaksesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyaihambatan jenis tanah yang tidak sama.

Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *lowimpedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*.Penerangan, arus listrik, *circuit switching* dan *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau *transient voltage*. Sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut.

Tujuan system pentanahan adalah:

a. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasanyang diperbolehkan
b. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksiterjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor system danbumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatisyang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

2.2 Karakteristik Sistem Pentanahan

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif antara lain adalah:

a. Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harusmerupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
b. Verifikasi secara visual dapat dilakukan.
c. Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
d. Semua komponen metal harus ditahan/diikat oleh sistem pentanahan,dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yangbersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

2.2.1 Penggunaan Pentanahan Dalam Aplikasi Proteksi

a. Karena gejala alami, seperti kilat, tanah digunakan untuk membebaskan sistem dari arus sebelum personil atau pelanggan dapat terluka atau komponen sistem yang peka dapat rusak karena adanya arus kejut yang ditimbulkan oleh petir.
b. Karena potensial dalam kaitan dengan kegagalan sistem tenaga listrikdengan kembalian tanah, tanah membantu dalam memastikan operasiyang cepat menyangkut relay proteksi sistem daya denganmenyediakan jalan arus gagal tahanan rendah tambahan. Jalan tahananrendah menyediakan tujuan untuk mengeluarkan potensial secepatmungkin. Tanah harus mengalirkan potensial sebelum personil terlukaatau sistem telepon rusak.

2.2.2 Bagian-Bagian Yang Harus Ditanahkan

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkanatau sering juga disebut dibumikan. Empat bagian dari instalasi listrik ini adalah:

a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agarpotensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu samadengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidakberbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightningarrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsidengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya daripetir ke tanah (bumi) dengan lancar.
c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawatpetir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester.Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semuakaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambarkawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiangsaluran transmisi.
d. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnyayang menyangkut gangguan hubung tanah. Dalam praktik, diinginkanagar tahanan pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atastidak melebihi 4 ohm. Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumiadalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapikenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainyatidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontakantara alat pentanahan dengan tanah di mana alat tersebut dipasang(dalam tanah). Alat untuk melakukan pentanahan ditunjukkan pada gambar 2.1

2.3 Prinsip Kerja Sistem Pentanahan

Cara kerja sistem pentanahan ini adalah bila terjadi arus listrik yang terlalu besar akibat adanya kebocoran, induksi tegangan listrik atau kegagalan isolasi pada suatu peralatan listrikatau instalasi listrik, maka bagian pentanahan akan secepatnya menyalurkan ke bumi atau tanah, dan orang yang tidak sengaja memegang peralatan listrik yang bermasalah akanaman. Juga peralatan listrik akan terhindar dari kerusakan.

2.4 Elektroda Pentanahan

Menurut PUIL 2000 [3.18.11 & 3.18.4.1], elektroda adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Pada umumnya elektroda pentanahan yang sering digunakan ada 3 jenis, yaitu :

2.4.1 Elektroda Batang

Elektroda batang terbuat dari batang atau pipa logam yang ditanam vertical di dalam tanah. Elektroda ini biasanya terbuat dari bahan tembaga, stainless steel atau galvanized steel.

Ukuran elektroda batang :

Diameter 5/8”-3/4”

Panjang 4 feet-8 feet

Adapun rumus untuk menghitung tahanan pentanahan elektroda batang tunggal :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[ln\left(\frac{4L}{A}\right) - 1\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2.1)$$

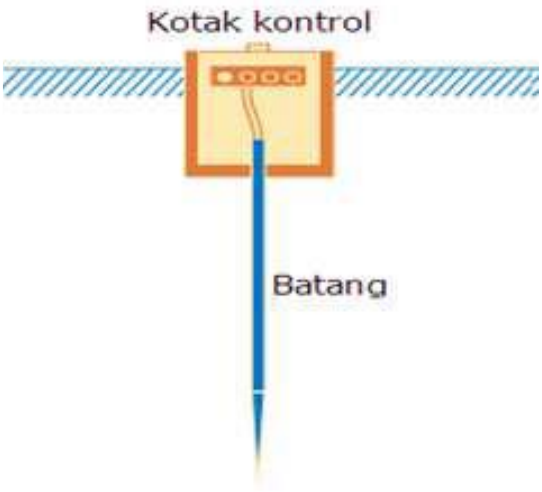
Dimana :

R : Tahanan pentanahan untuk elektroda batang (ohm)

P : Tahanan jenis tanah (ohm-meter)

L : Panjang elektroda (m)

a : Diameter Elektroda (meter)



Gambar 2.1 Elektroda Batang

2.4.2 Elektroda Plat

Elektroda plat adalah elektroda yang terbuat dari bahan plat logam (utuh atau berlobang) atau dari kawat kasa. Cara pemasangannya adalah tegak lurus dengan kedalaman kira-kira 1 meter dibawah permukaan tanah dihitung dari sisi plat sebelah atas.

Adapun rumus untuk mencari tahanan pentanahan untuk elektroda berbentuk plat :

$$R = \frac{\rho}{4{,}1L}\left(1 + 1{,}84\frac{b}{t}\right) \qquad \text{……..} \quad (2.2)$$

Dimana :

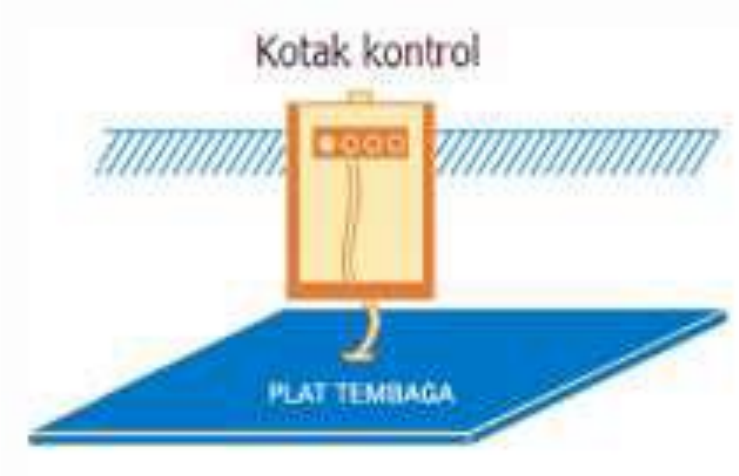
R : Tahanan pentanahan untuk elektroda plat (ohm)

P : Tahanan jenis tanah (ohm-meter)

L : Panjang elektroda plat (m)

b : lebar plat (m)

t : kedalaman plat tertanam dari permukaan tanah (m)



Gambar 2.2 Elektroda Plat

2.4.3 Elektroda Pita

Elektroda ini berupa pita atau kawat berpenampang bulat yang ditanam di tanah yang pada umumnya, penanamannya tidak terlalu dalam (o,5-1 m). adapun rumus untuk mencari tahanan pentanahan pada elektroda pita adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{\pi L}\left(ln\frac{2L}{d}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.3)$$

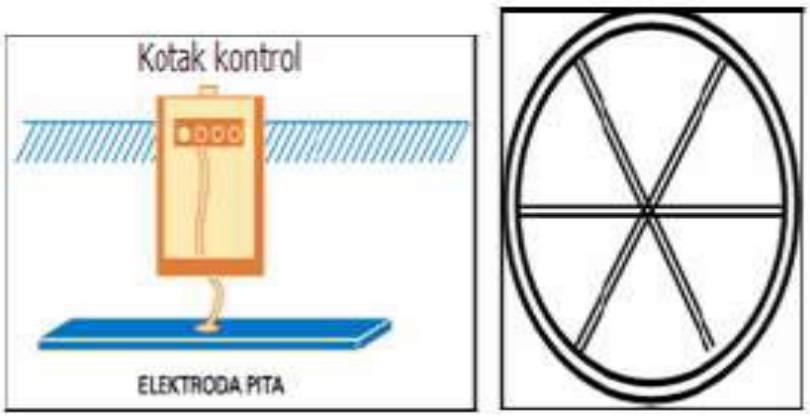
Dimana :

R : Tahanan pentanahan untuk elektroda pita (ohm)

P : Tahanan jenis tanah (ohm-meter)

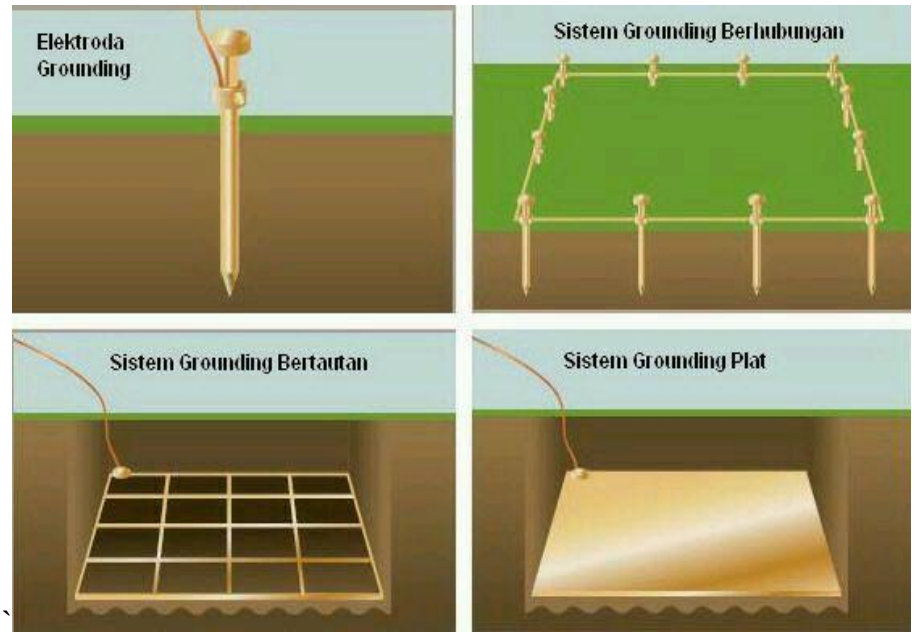
L : Panjang elektroda pita (m)

d : kedalaman plat tertanam dari permukaan tanah (m)



Gambar 2.3 Elektroda Pita

2.5 Macam- Macam Alat Pentanahan



Gambar 2.4. Macam- macam alat pentanahan

Dari gambar 2.4 terlihat jelas bahwa ada empat alat pentanahan, yaitu :

a. Batang pentanahan tunggal (*single grounding rod*).
b. Batang pentanahan ganda (*multiple grounding rod*). Terdiri dari beberapa batang tunggal yang dihubungkan paralel.

c. Anyaman pentanahan (*grounding mesh*), merupakan anyaman kawattembaga.
d. Pelat pentanahan (*groundingplate*) ,yaitu pelat tembaga.

Tahanan pentanahan selain ditimbulkan oleh tahanan kontak tersebut diatas juga ditimbulkan oleh tahanan sambungan antara alat pentanahan dengan kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian daritahanan pentanahan adalah tahanan dari tanah yang ada di sekitar alatpentanahan yang menghambat aliran muatan listrik (arus listrik) yangkeluar dari alat pentanahan tersebut.

Arus listrik yang keluar dari alatpentanahan ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya.Untuk jenis tanah yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhioleh kedalamannya. Makin dalam letaknya, umumnya makin keciltahanan jenisnya, karena komposisinya makin padat dan umumnya jugalebih basah. Oleh karena itu, dalam memasang batang pentanahan, makindalam pemasangannya akan makin baik hasilnya dalam arti akan didapattahanan pentanahan yang makin rendah.Gambar 2.5 menunjukan batang pentanahan beserta aksesorisnya yang berupa konduktor tanah, penghubung antara konduktor dengan elektroda tanah, dan elektroda tanah.

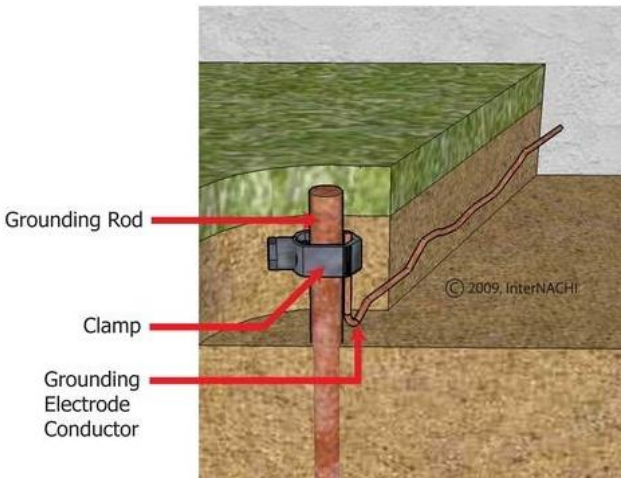


Gambar 2.5 Batang Pentanahan Beserta Aksesorisnya



Gambar 2.6 Contoh Grounding Road Dari Tembaga

Pemilihan grounding road dan kabel grounding yang akan di instalasi hasus sesuai standar. Baik jenis maupun ukurannya. Grounding road yang palingg bagus adaah pipa padat yang terbuat dari tembaga. Di samping sebagai daya hantar yang kuat. Tembaga tidak mudah berkarat. Perlu memeriksa barang tersebut saat pembelian karena tidak mudah berkarat. Karena kadang kadang banyak pipa yang dijual keliatannya terbuat dari bahan tembaga padahal bagian dalamnya terbuat dari besi biasa tapi bagian luarnya di lapisi dengan tembaga. Untik memeriksanya anda bisa memotong secara diagonal. Maka akan kelihatan asli atau tidak. Penggunaan besi biasa harus dihindari karena bahan ini sangant mudah berkarat

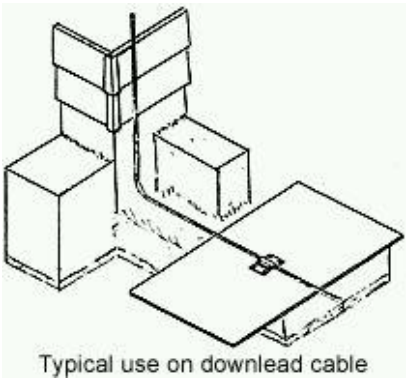


Gambar 2.7 Batang pentanahan dan Lingkaran pengaruhnya *(sphere of influence)*

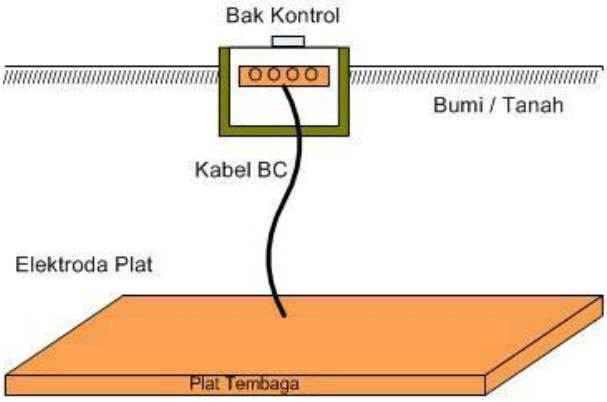
Sedangkan gambar 2.7 menggambarkan batang pentanahan besertalingkaran pengaruhnya (*sphere of influence*) didalam tanah.

Tampak bahwa pengaruh batang pentanahan akan semakin dalam letaknya di dalam tanah dan pengaruh terkecil pada kedalaman yang sama dengan kedalaman batang pentanahan. Lingkaran pengaruh ini makin dekatdengan batang pentanahan.

Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan.Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik dilaksanakan maka harus ada system pentanahan yang dirancang dengan baik dan benar.



Gambar 2.8 Elektroda Plate Typical use on downlead cable



Gambar 2.9 Elektroda Pelat (Grounding Plate)



Gambar 2.10 Elektroda Pelat Tembaga

Elektroda pelat dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Elektroda ini ditanam di tanah yang lebih dalam dibandingkan dengan elektroda pita. Digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.

Bentuk Elektroda Pelat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang di tanam di dalam tanah.Cara penanamanya biasanya secara vertical, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical adalah lebih praktis dan lebih ekonomis

2.5.1 Cara Pemasangan Elektroda Pelat dengan baik dan benar

Elektrode pelat ditanam tegak lurus dalam tanah; ukurannya disesuaikan dengan resistans pembumian yang diperlukan (lihat Tabel 2.1) dan pada umumnya cukup menggunakan pelat berukuran 1 m x 0,5 m. Sisi atas pelat harus terletak minimum 1 m di bawah permukaan tanah. Jika diperlukan beberapa pelat logam untuk memperoleh resistans pembumian yang lebih rendah, maka jarak antara pelat logam, jika dipasang paralel, dianjurkan minimum 3 meter.

CATATAN : Untuk memperoleh resistans pembumian yang sama, elektrode pelat memerlukan bahan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan elektrode pita atau batang.

Tabel 2.1 Ukuran minimum jenis-jenis elektrode

		1	2	3
No	Bahan jenis elektrode	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektrode pita	-Pita baja 100 mm^2 setebal minimum 3 mm	50 mm^2	Pita tembaga 50 mm^2 tebal mini-mum 2 mm
		-Penghantar pilin 95 mm^2 (bukan kawat halus)		Penghantar pilin 35 mm^2 (bukan kawat halus)
2	Elektrode batang	-Pipa baja 25 mm -Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 - Batang profil lain yang setaraf	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 µm	
3	Elektrode pelat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m^2 sampai 1 m^2		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m^2 sampai 1 m^2

2.5.2 Syarat- syarat sistem pentanahan yang efektif

Syarat-syarat sistem pentanahan yang efektif adalah :

a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personildan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibatsurya hubung.
c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawitanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umurperalatan yang dilindungi.
d. Menggunakan system mekanik yang kuat namun mudah dalamperawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Dalam system pentanahan semakin kecil nilai tahanan makasemakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan,beberapa patoakan standart yang telah disepakati adalah bahwa salurantranmisi substasion harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilaitahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk digunakan pada aplikasidata dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5Ω pada gedung. Kisikisipentanahan tergantung pada kerja ganda dan pasak yang terhubung.Dari segi besarnya nilai tahanan bahan yang dipakai pasak tidakmengurangi besar tahanan pentanahan sistem namun mempunyai fungsitersendiri yang penting.Bahannya sendiri mempunyai harga impedansiawal beberapa kali lebih tinggi daripada harga tahanannya terhadap tanahpada frekuensi rendah.

Bahan pentanahan dimaksudkan untukmengontrol dalam batas aman sesuai peralatan yang digunakan,sedangkan pasak adalah batang sederhana, hal ini penyebab utamajatuhnya tahanan tanah dalam gradient tegangan yang tinggi padapermukaan pasak.Sebagai akibat dari sifat ini maka pasak harusditempatkan didekat atau sekitar bangunan stasion. Dalam salurantegangan tinggi (132KV) tahanan maksimalnya 15 ohm masih dapatditoleransi dan dalam saluran distribusi (33-0,4 KV) dipilih tahanan 25ohm. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilaitahanan pentanahan antara lain dengan :

a. Sistem batang pararel
b. Sistem pasak tanam dalam dengan beberapa pasak dan diperlakukanterhadap kondisi kimiawi tanah.
c. Dengan menggunakan pelat tanam, penghantar tanam, dan betonrangka baja yang secara listrik terhubung.

2.6 Kontak Tanah

Bagian lain dari system hubungan pentanahan yaitu tanah itu sendiridimana kontak antara tanah dengan pasak yang tertanam harus cukup luassehingga nilai tahanan dari jalur arus yang masuk atau melewati tanah masihdalam batas yang diperkenankan untuk penggunaan tertentu. Hambatan jenis tanah yang akan menentukan tahanan pentanahan yang dipengaruhi olehbeberapa factor yang meliputi :

a. Temperatur tanah.
b. Besarnya arus yang melewati.
b. Kandungan air dan bahan kimia yang ada dalam tanah.
c. Kelembaban tanah.
d. Cuaca.

Tahanan dari jalur tanah ini relative rendah dan tetap sepanjang tahun. Untuk memahami tahanan tanah harus rendah, dapat dengan menggunakanhukum Ohm yaitu :

$$E = I \times R \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.4)$$

Dimana : ***E*** adalah tegangan satuan volt
I adalah arus satuan ampere
R adalah tahanan satuan ohm

Hambatan arus melalui sistem elektroda tanah mempunyai 3 komponen :

a. Tahanan pasaknya sendiri dan sambungan-sambungannya.
b. Tahanan kontak antara pasak dengan tanah disekitar.
c. Tahanan tanah sekelilingnya

Pasak-pasak tanah, batang logam, struktur dan peralatan lain biasa digunakan untuk elektroda tanah selain itu umumnya ukurannya besarsehingga tahanannya dapat terabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistempentanahan.

Apabila pasak ditanam lebih dalam ke tanah maka tahanan akanberkurang, namun bertambahnya diameter pasak secara material tidak akanmengurangi nilai tahanan karena nilai tahanan elektroda pengtanahan tidakhanya bergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda tapi jugapada tahanan tanah.

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa pasak harus dipasang agar diperolehtahanan yang rendah.Elektrode baja digunakan sebagai penghantar salurandistribusi dan pentanahan substasion.

Dalam memilih penghantar dapat mempertimbangkan hal berikut :

a. Untuk tanah yang bersifat korosi sangat lambat, dengan tahanan diatas100 ohm-m, tidak ada batas perkenan korosi(corosi allowance).
b. Untuk tanah yang bersifat korosi lambat, dengan tahanan 25-100 ohm-m,batas perkenan korosi adalah 15% dengan pemilihan penghantarsudahmempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
c. Untuk tanah yang bersifat korosi cepat, dengan tahanan kurang dari 25
d. ohm-m, batas perkenan korosi adalah 30% dengan pemilihan penghantarsudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
e. Penghantar dapat dipilih dari ukuran standart seperti 10 x 6mm sampai 65x78mm.

2.7 Faktor Penyebab Tegangan Permukaan Tanah

2.7.1 Pengaruh uap lembab dalam tanah

Kandungan uap lembab dalam tanah merupakan faktor penentu nilai tegangan tanah. Variasi dari perubahan uap lembab akan membuatperbedaan yang menonjol dalam efektifitas hubungan elektroda pentanahan dengan tanah. Hal ini jelas telihat pada kandungan uap lembab di bawah 20%. Nilai di atas 20% resistivitas tanah tidak banyak terpengaruh, tetapi di bawah 20% resistivitas tanah meningkat drastic dengan penurunan kandungan uap lembab.

Berkaitan dengan kandungan uap lembab, tes bidang menunjukkan bahwa dengan lapisan permukaan tanah 10 kali akan lebih baik ditahan oleh batas dasar. Elektroda yang dipasang dengan dasar batu biasanya memberikan kualitas pentanahan yang baik, hal ini disebabkan dasar-dasar batu sering tidak dapat tembus air dan menyimpan uap lembab sehingga memberikan kandungan uap lembab yang tinggi.

2.7.2 Pengaruh tahanan jenis tanah

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahananelektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah.Tahanan tanah bervariasi di berbagaitempat dan cenderung berubah menurut cuaca.Tahanan tanah ditentukan juga oleh kandungan elektrolit di dalamnya, kandungan air, mineralmineral dan garam-garam.Tanah yang kering biasanya mempunyai tahanan yang tinggi, namun demikian tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang tinggi apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut.

Tahanan tanah berkaitan langsung dengan kandungan air dan suhu, dengan demikian dapat diasumsikan bahwa tahanan suatu sistem pentanahan akan berubah sesuai dengan perubahan iklim setiap tahunnya. Untuk memperoleh kestabilan resistansi pentanahan, elektroda pentanahan dipasang pada kedalaman optimal mencapai tingkat kandungan air yang tetap.

2.7.3 Pengaruh temperature

Temperatur akan berpengaruh langsung terhadap resistivitas tanah dengan demikian akan berpengaruh juga terhadap performategangan permukaan tanah. Pada musim dingin struktur fisik tanahmenjadi sangat keras, dan tanah membeku pada kedalaman tertentu.Air di dalam tanah membeku pada suhu di bawah 0^0C dan hal ini menyebabkan peningkatan yang besar dalam koefisien temperaturresistivitas tanah.

Koefisien ini negatif, dan pada saat temperaturemenurun, resistivitas naik dan resistansi hubung tanah tinggi.Pengaruh temperatur terhadap resistivitas tanah dapat dijelaskan pada table dibawah ini :

Tabel 2.2 Efek Temperatur Terhadap resistivitas Tanah

NO	TEMPERATUR (ºC)	RESISTIVITAS (ohm)
1	-5	70.000
2	0	30.000
3	0	10.000
4	10	8000
5	20	7000
6	30	6000
7	40	5000
8	50	4000

Sumber : IEE std 142-1991

Tabel 2.3 Resistivitas berbagai jenis tanah

NO	DESKRIPSI TANAH	TAHANAN JENIS TANAH (ohm-cm)
1	Mengandung kerikil tanah, campuran kerikil dan pasir kerapatan rendah dan tidak halus	60.000-100.000
2	Mengandung kerikil dan tandus, campuran kerikil dan pasir kerapatan rendah dan tidak halus	100.000-250.000
3	Berkerikil dan liat, tandus, campuran tanah liat dan pasir	20.000-40.000
4	Pasir berlumpur, campuran pasir dan tanah liat	10.000-50.000

5	Pasir liat, campuran pasir dan tanah liat, tandus	5000-20.000
6	Pasir halus berlumpur, dan liat mengandung plastic berkonsentrasi rendah	3000-8000
7	Pasir halus atau tanah lumpur, lumpur elastic	8000-30.000
8	Tanah liat berkerikil, liat berpasir, liat berlumpur tidak liat	2500-6000**
9	Liat aborganic dengan kandungan plastic tinggi	1000-5.500**

Sumber : IEEE std 142-1991

2.7.4 Perubahan Resistivitas Tanah

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa resistivitas tanahsangat tergantung dengan material pendukung tanah, temperatur dankelembaban.Daerah dengan struktur tanah berpasir, berbatu dancenderung berstruktur tanah padas mempunyai resistivitas yang tinggi.

Disinyalir kondisi tanah yang demikian diakibatkan kerusakanyang terjadi di permukaan tanah, berkurangnya tumbuhan-tumbuhanyang dapat mengikat air mengakibatkan kondisi tanah tandus danberkurang kelembabannya.

2.7.5 Korosi

Komponen sistem pentanahan dipasang di atas dan di bawahpermukaan tanah, keduanya menghadapi karakteristik lingkungan yangberlainan. Bagian yang berada di atas permukaan tanah, asap dan partikeldebu dari proses industri serta partikel terlarut yang terkadung dalam airhujan akan mengakibatkan korosi pada konduktor. Bagian di bawahtanah, kondisi tanah basah yang mengandung materi alamiah,

bahanbahankimia yang terkontaminasi didalamnya juga dapat mengakibatkankorosi. Secara umum terdapat dua penyebab terjadinya korosi yaitu:

1. **Korosi bimetal (*bimetallic corrosion*)**

   Penyambungan logam yang tidak sejenis dan terdapat cairankonduktiv listrik ringan adalah situasi yang sangat banyak terjadi dibawah tanah. Logam yang mempunyai sifat lebih rentan akan lebihcepat mengalami korosi. Tabel 2.4 memperlihatkan klasifikasi logamberdasarkan daya tahan terhadap korosi.Jika logam terletak pada tanah dengan kandungan elektrolittinggi, logam dengan daya tahan lebih tinggi bersifat katodiksedangkan logam yang lebih rentan bersifat anodik. Logam yangbersifat anodik akan terkorosi. Metode untuk mencegah terjadinyakorosi galvanis dengan menerapkan aturan daerah (*areas rule*). Arealogam anodik (khususnya untuk baja) dibagi dengan area logamkatodik (khusus untuk tembaga).Perbandingan antara anodik dankatodik menurun, resiko kecepatan korosi naik dengan tajam.Masalah lain yang mungkin terjadi adalah sambungan antaralogam yang berbeda seperti tembaga dan aluminium atau tembaga dengan baja dimana sambungannya tidak dilindungi dan mudah terpengaruh oleh kelembaban resiko terjadinya korosi sangat tinggi.

Tabel 2.4 efek karakteristik tanah dan cuaca terhadap korosi

NO	Tanah	Pertumbuhan korosi (inch x 10^{-3}/tahun					Karakter tanah & iklim				
		Tembaga	Kuningan	Timah	Baja	Besi tuang	Suhu	Curah hujan	Lembap (%)	pH	Rho (ohm. m)
1	Sisa arang	1,58	3,51	3,22	9067	>>20	46	30	11	8.0	455
2	Lumpur rawa	0,81	0,04	0,02	2013	2,51	52	43	55	3.1	60
3	Lumpur rawa	0,62	0,04	0,2	2031	1,09	66	45	47	2.9	84
4	Gambut	0,91	0,64	0,7	2,77	3,82	49	37	43	2.6	218
5	Gambut	0,17	0,25	-	1,81	2,47	46	30	73	4.8	800
6	Lumpur	0,29	0,49	0,64	2,61	3,59	69	57	58	4.0	712
7	Lumpur	0,16	0,39	0,36	2,27	3,90	69	57	34	4.2	1270
8	Basa	0,04	0,02	0,02	1,23	2,00	47	15	15	7.4	263
9	Liat	0,60	0,30	0,05	>>20	>>20	58	16	41	8.3	62
10	Liat	0,11	0,14	0,12	4,67	>>20	69	49	29	7.1	406
11	Liat bata	0,11	0,11	0,07	2,59	3,84	61	10	5	6.8	408
12	Liat bata	0,04	0,10	0,06	0,60	0,57	61	48	29	5.2	30000

2. Korosi kimia (*chemical corrosion*)

Berdasarkan skala pH, kondisi tanah dapat dibedakan menjadi kondisi asam, basa dan netral. Korosi kimia akan terjadi pada tanah asam ataupun basa. Kecepatan korosi akan dipengaruhi oleh daya tahan logam, jika logam bersifat rentan maka akan lebih cepat terkorosi. Sebagai pedoman, material yang berada di sekeliling elektroda sebaiknya relatif netral.