

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pentanahan

Sistem pentanahan mulai dikenal pada tahun 1900. Sebelumnya sistem-sistem tenaga listrik tidak diketanahkan karena ukurannya masih kecil dan tidak membahayakan. Namun setelah sistem-sistem tenaga listrik berkembang semakin besar dengan tegangan yang semakin tinggi dan jarak jangkauan semakin jauh, baru diperlukan sistem pentanahan. Kalau tidak, hal ini bisa menimbulkan potensi bahaya listrik yang sangat tinggi, baik bagi manusia, peralatan dan system pelayanannya sendiri.

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal. Oleh karena itu, system pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.

Oleh karena itu, secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah:

1. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkahi;
2. Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik;
3. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik;
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah;
5. Menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya flashover ketika terjadi transient;
6. Mengalihkan energi radio frekuensi liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan komputer.

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 memprediksi nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatan sistem suatu sistem pentanahan tersebut.

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah ke dalam system pentanahan, sedang kenyataan yang terjadi suatu system pentanahan tersebut tidak pernah dialiri arus searah. Karena biasanya berupa sinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya. Menurut Anggoro (2002)¹ 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 banyak faktor baik faktor internal atau eksternal. Yang dimaksud dengan faktor internal meliputi :

- a. Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya).

Untuk pemilihan konduktor yang akan dipasang untuk pentanahan ini adalah dengan memilih kabel jenis BC dengan luas penampang 16 mm.



Gambar 2.1 Kabel grounding dari tembaga

b. Resistivitas relative tanah.

Tanah yang bagus untuk pembuatan pentanahan atau grounding adalah dengan memilih tanah yang basah atau lembab, karena kandungan airnya cukup banyak dan dapat langsung menetralsir ketika ada gangguan yang terjadi pada sistem instalasi.



Gambar 2.2 pemilihan tanah yang baik untuk pemasangan grounding

c. Konfigurasi system pentanahan.

Sistem pentanahan yang baik haruslah dengan adanya perencanaan yang baik pula harus adanya pengaturan, dalam hal ini perencanaan pentanahan yang akan dibuat adalah dengan mencari nilai tahanan mencapai 0,3 ohm untuk syarat tahanan pentanahan pada tegangan tinggi serta dengan kedalaman elektroda yang di tanam adalah enam meter dan enam buah elektroda yang akan ditanam.

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi :

- a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah).
- b. Frekuensi yang mengalir ke dalam system pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk system pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama (Hutauruk, 1991)⁵. Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *low impedance* (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.

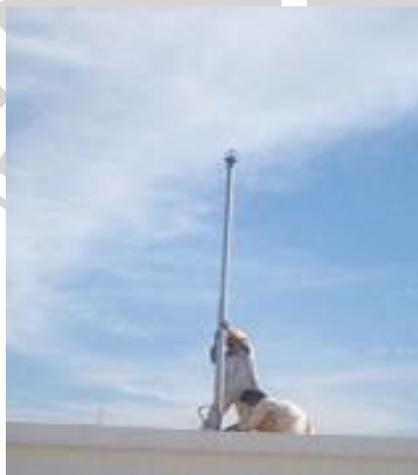
Menurut IEEE Std 142TM-2007 4, tujuan system pentanahan adalah:

- a. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan
- b. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor system dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut

2.2 Standarisasi Tahanan Penangkal Petir

Penangkal petir merupakan hal utama dan wajib diperhatikan oleh pemilik ataupun pengelola bangunan, dengan tujuan keamanan dan keselamatan (peralatan dan person) pada sebuah bangunan.

Penangkal petir sangat vital bagi anda yang mau melindungi rumah, gedung, pabrik, *host-server* dll dari sambaran petir. Sekali terkena sambaran petir, maka detik itu juga kekayaan investasi anda rusak atau hancur, sehingga penangkal petir termasuk syarat utama dalam standar ISO tentang K3, karena business anda dapat terancam oleh sambaran petir.



Gambar 2.3 Contoh Pemasangan Penangkal petir di gedung

Penangkal petir bekerja sebagai berikut: bila suatu bangunan terkena sambaran petir, maka energi listrik dari petir yang begitu besar dibuang ke dalam tanah. Oleh sebab itu tanah tersebut harus mempunyai tahanan 0 Ohm. Energi petir dialirkan kedalam tanah melalui penghantar kawat atau kabel telanjang. Berapa dalam-nya tanah untuk membuang energi petir tergantung dari tahanan tanah tersebut. Tahanan tanah untuk penangkal petir diukur oleh alat Ground Tester.

Kabel penyalur petir adalah jalur listrik yang menghubungkan antara ujung Finial Penerima Petir kedalam Tanah. Maka secara fungsi, kabel penyalur petir ini harus mampu menahan dan menerima beban tegangan kejut dan arus petir yang melaluinya.

Acuan standart untuk Kabel Penyalur Petir ada di luas penghantarnya minimal 50 mm, bahan bisa dengan beberapa alternatif , Tembaga (Cu), Alumunium (Al)

2.2.1 Syarat-syarat Tahanan Penangkal Petir

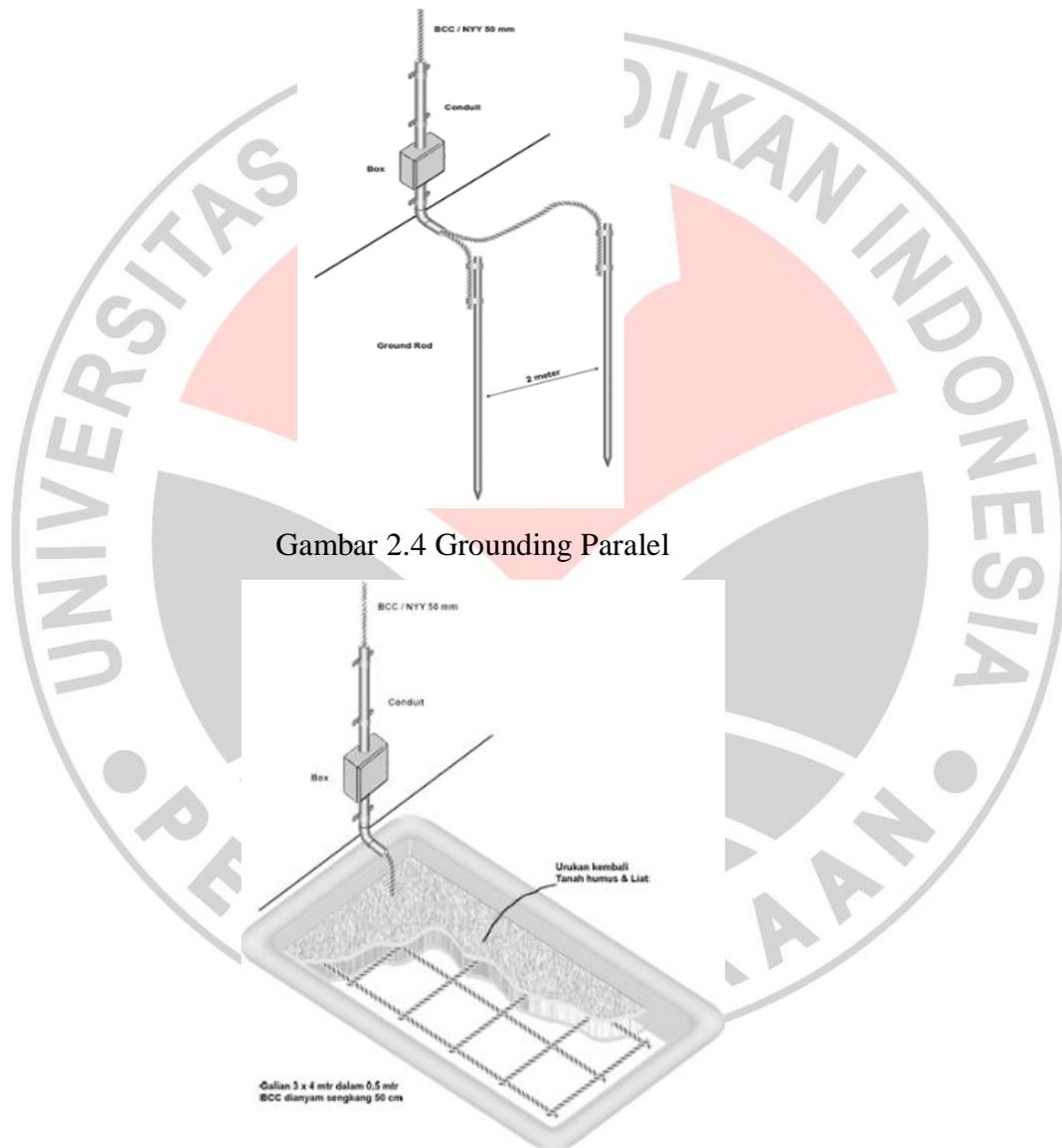
Syarat utama sebuah grounding itu baik adalah tahanan grounding itu sama dengan 0 Ohm ini adalah tahanan grounding ideal, tetapi kenyataannya boleh sampai 5 Ohm. Jadi bila terjadi hubungan pendek atau *short circuit* suatu peralatan listrik, maka dengan cepat kebocoran itu dibuang ke bumi atau grounding. Bila gounding tidak bagus, maka peralatan bisa terbakar dan bisa membahayakan keselamatan orang

Penangkal petir tidak akan bekerja / berfungsi tanpa sistem grounding (pentanahan) yang benar (maksimal nilai resistansi 5 Ohm). Jadi grounding berfungsi sebagai sarana pengarah arus petir yang bisa menyebar ke segala arah yang kemudian langsung diarahkan ke dalam tanah. Yang perlu diperhatikan dalam perancangan sistem pentanahan adalah tidak timbulnya bahaya tegangan yang mengalir.

Namun demikian baik-buruknya sistem pentanahan sangat menentukan rancangan sistem penangkal petir internal, semakin tinggi nilai resistansi suatu pentanahan, akan menyebabkan semakin tinggi

pula tegangan yang terdapat pada penyama potensial (*Potensial Equalizing Bonding*), sehingga upaya proteksi internalnya akan kurang efektif. Dengan demikian kita harus menyadari bahwa betapa perlunya sistem pentanahan untuk menghindari resiko kerugian yang lebih besar dari bahaya sambaran petir

Berikut ada beberapa teknik pemasangan grounding.



Gambar 2.4 Grounding Paralel

Gambar 2.5 grounding maksimal

2.3 Karakteristik Pentanahan yang baik

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif antara lain adalah:

- a. Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidahkaidah 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 yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

2.3.1 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 listrik dengan kembalian tanah, tanah membantu dalam memastikan operasi yang cepat menyangkut relay proteksi sistem daya dengan menyediakan jalan arus gagal tahanan rendah tambahan. Jalan tahanan rendah menyediakan tujuan untuk mengeluarkan potensial secepat mungkin. Tanah harus mengalirkan potensial sebelum personil terluka atau sistem telepon rusak.

2.3.2 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:

- a. **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.



b. **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.



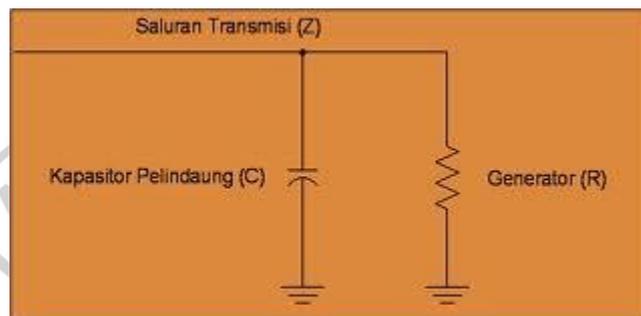
c. **Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi.** Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.



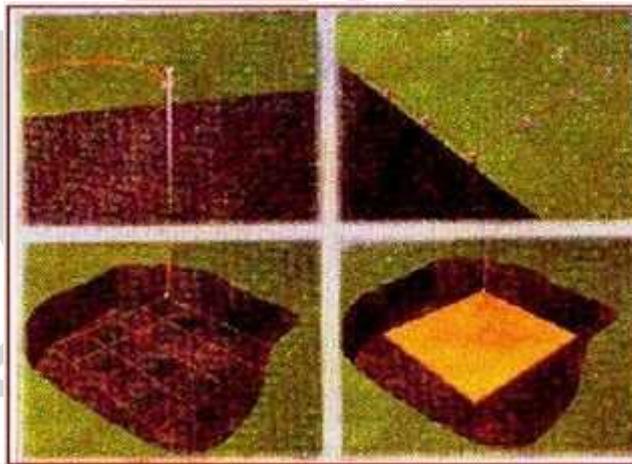
d. **Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator.**

Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah. Dalam praktik, diinginkan agar tahanan

pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atas tidak melebihi 4 ohm. Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pentanahan dengan tanah di mana alat tersebut dipasang (dalam tanah).



Dari gambar 2.6 tampak bahwa ada empat alat pentanahan, yaitu:



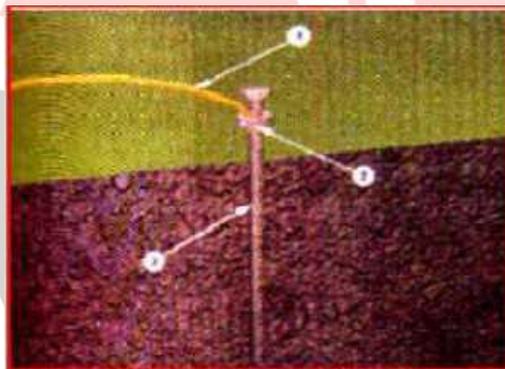
Gambar 2.6 Macam macam alat pentanahan

- Batang pentanahan tunggal (*single grounding rod*).
- Batang pentanahan ganda (*multiple grounding rod*). Terdiri dari beberapa batang tunggal yang dihubungkan paralel.
- Anyaman pentanahan (*grounding mesh*), merupakan anyaman kawat tembaga.
- Pelat pentanahan (*grounding plate*) ,yaitu pelat tembaga. Tahanan pentanahan selain ditimbulkan oleh tahanan kontak tersebut diatas juga

Budi Sanusi Abdurachman, 2013

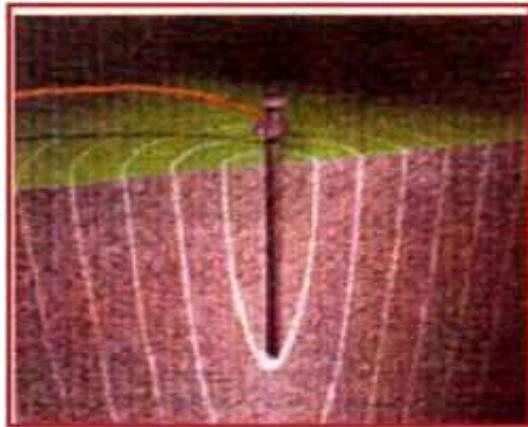
Perencanaan Dan Pembuatan Sistem Pentanahan Laboratorium Tegangan Tinggi
Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.Upi.Edu | Perpustakaan.Upi.Edu

ditimbulkan oleh tahanan sambungan antara alat pentanahan dengan kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian dari tahanan pentanahan adalah tahanan dari tanah yang ada di sekitar alat pentanahan yang menghambat aliran muatan listrik (arus listrik) yang keluar dari alat pentanahan tersebut. Arus listrik yang keluar dari alat pentanahan ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya. Untuk jenis tanah yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhi oleh kedalamannya. Makin dalam letaknya, umumnya makin kecil tahanan jenisnya, karena komposisinya makin padat dan umumnya juga lebih basah. Oleh karena itu, dalam memasang batang pentanahan, makin dalam pemasangannya akan makin baik hasilnya dalam arti akan didapat tahanan pentanahan yang makin rendah.



Gambar 2.7 batang pentanahan beserta aksesorisnya

- (1) Konduktor tanah,
- (2) Penghubung antara konduktor dengan elektroda tanah, dan
- (3) Elektroda tanah.



Gambar 2.8 Batang pentanahan dan lingkaran pengaruhnya (*sphere of influence*)

Sedangkan gambar 3 menggambarkan batang pentanahan beserta lingkaran 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 dekat dengan 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.

Syarat sistem pentanahan yang efektif :

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personil dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan system mekanik yang kuat namun mudah dalam perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Dalam system pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan, beberapa patoakan standart yang telah disepakati adalah bahwa saluran tranmisi substasion harus

direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk digunakan pada aplikasi data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5Ω pada gedung. Kisikisi pentanahan tergantung pada kerja ganda dan pasak yang terhubung. Dari segi besarnya nilai tahanan bahan yang dipakai pasak tidak mengurangi besar tahanan pentanahan sistem namun mempunyai fungsi tersendiri yang penting. Bahannya sendiri mempunyai harga impedansi awal beberapa kali lebih tinggi daripada harga tahanannya terhadap tanah pada frekuensi rendah. Bahan pentanahan dimaksudkan untuk mengontrol dalam batas aman sesuai peralatan yang digunakan, sedangkan pasak adalah batang sederhana, hal ini penyebab utama jatuhnya tahanan tanah dalam gradient tegangan yang tinggi pada permukaan pasak. Sebagai akibat dari sifat ini maka pasak harus ditempatkan didekat atau sekitar bangunan stasion. Dalam saluran tegangan tinggi (132KV) tahanan maksimalnya 15 ohm masih dapat ditoleransi dan dalam saluran distribusi (33-0,4 KV) dipilih tahanan 25 ohm. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan antara lain dengan :

- a. Sistem batang pararel
- b. Sistem pasak tanam dalam dengan beberapa pasak dan diperlakukan terhadap kondisi kimiawi tanah.
- c. Dengan menggunakan pelat tanam, penghantar tanam, dan beton rangka baja yang secara listrik terhubung.

2.4 Kontak Tanah

Bagian lain dari system hubungan pentanahan yaitu tanah itu sendiri dimana kontak antara tanah dengan pasak yang tertanam harus cukup luas sehingga nilai tahanan dari jalur arus yang masuk atau melewati tanah masih dalam batas yang diperkenankan untuk penggunaan tertentu. Hambatan jenis tanah yang akan menentukan tahanan pentanahan yang dipengaruhi oleh beberapa factor yang meliputi :

- a. Temperatur tanah.
- b. Besarnya arus yang melewati.

- c. Kandungan air dan bahan kimia yang ada dalam tanah.
- d. Kelembaban tanah.
- e. Cuaca.

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

$$E = I X R$$

Dimana

E adalah tegangan satuan volt

I adalah arus satuan ampere

R adalah tahanan satuan ohm

Hambatan arus melewati 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 besar sehingga tahanannya dapat terabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistem pentanahan. Apabila pasak ditanam lebih dalam ke tanah maka tahanan akan berkurang, namun bertambahnya diameter pasak secara material tidak akan mengurangi nilai tahanan karena nilai tahanan elektroda pentanahan tidak hanya bergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda tapi juga pada tahanan tanah. Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa pasak harus dipasang agar diperoleh tahanan yang rendah. Elektrode baja digunakan sebagai penghantar saluran distribusi dan pentanahan substasion.

Dalam memilih penghantar dapat mempertimbangkan hal berikut :

- a. Untuk tanah yang bersifat korosi sangat lambat, dengan tahanan diatas 100 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 penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
- c. Untuk tanah yang bersifat korosi cepat, dengan tahanan kurang dari 25 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 30% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
- d. Penghantar dapat dipilih dari ukuran standart seperti 10 x 6mm sampai dengan 65 x 8mm.

2.5. Faktor Penyebab Tegangan Permukaan Tanah

2.5.1 Pengaruh uap lembab dalam tanah

Kandungan uap lembab dalam tanah merupakan faktor penentu nilai tegangan tanah. Variasi dari perubahan uap lembab akan membuat perbedaan yang menonjol dalam efektifitas hubungan elektroda pentanahan dengan tanah. Hal ini jelas terlihat 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.

2.5.2 Pengaruh tahanan jenis tanah

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Tahanan tanah bervariasi di berbagai tempat dan cenderung berubah menurut cuaca. Tahanan tanah ditentukan juga oleh kandungan elektrolit di dalamnya, kandungan air, mineral-mineral 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.

2.5.3 Pengaruh temperatur

Temperatur akan berpengaruh langsung terhadap resistivitas tanah dengan demikian akan berpengaruh juga terhadap performa tegangan permukaan tanah. Pada musim dingin struktur fisik tanah menjadi sangat keras, dan tanah membeku pada kedalaman tertentu. Air di dalam tanah membeku pada suhu di bawah 0°C dan hal ini menyebabkan peningkatan yang besar dalam koefisien temperatur resistivitas tanah. Koefisien ini negatif, dan pada saat temperature menurun, resistivitas naik dan resistansi hubung tanah tinggi.

Sumber : IEEE std 142-199

Tabel 2.1 efek temperature pada resitivitas tanah

No.	Temperature (°C)	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 : IEEE std 142-1991

2.5.4 Perubahan resistivitas tanah

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa resistivitas tanah sangat tergantung dengan material pendukung tanah, temperatur dan kelembaban. Daerah dengan struktur tanah berpasir, berbatu dan cenderung berstruktur tanah padas mempunyai resistivitas yang tinggi. Disinyalir kondisi tanah yang demikian diakibatkan kerusakan yang terjadi di permukaan tanah, berkurangnya tumbuhan-tumbuhan yang dapat mengikat air mengakibatkan kondisi tanah tandus dan berkurang kelembabannya.

2.5.5 Korosi

Komponen sistem pentanahan dipasang di atas dan di bawah permukaan tanah, keduanya menghadapi karakteristik lingkungan yang berlainan. Bagian yang berada di atas permukaan tanah, asap dan partikel debu dari proses industri serta partikel terlarut yang terkandung dalam air hujan akan mengakibatkan korosi pada konduktor. Bagian di bawah tanah, kondisi tanah basah yang mengandung materi alamiah, bahanbahan kimia yang terkontaminasi didalamnya juga dapat mengakibatkan korosi. Secara umum terdapat dua penyebab terjadinya korosi yaitu:

1. Korosi bimetal (*bimetallic corrosion*)

Penyambungan logam yang tidak sejenis dan terdapat cairan konduktiv listrik ringan adalah situasi yang sangat banyak terjadi di bawah tanah. Logam yang mempunyai sifat lebih rentan akan lebih cepat mengalami korosi. Jika logam terletak pada tanah dengan kandungan elektrolit tinggi, logam dengan daya tahan lebih tinggi bersifat katodik sedangkan logam yang lebih rentan bersifat anodik. Logam yang bersifat anodik akan terkorosi. Metode untuk mencegah terjadinya korosi galvanis dengan menerapkan aturan daerah (*areas rule*). Area logam anodik (khususnya untuk baja) dibagi dengan area logam katodik (khusus untuk tembaga). Perbandingan antara anodik dan katodik menurun, resiko kecepatan korosi naik dengan tajam.

Masalah lain yang mungkin terjadi adalah sambungan antara logam yang berbeda seperti tembaga dan aluminium atau tembaga dengan baja dimana sambungannya tidak dilindungi dan mudah terpengaruh oleh kelembaban resiko terjadinya korosi sangat tinggi 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.

2.6. Usaha Menurunkan Tegangan Permukaan Tanah

2.6.1 Perlakuan Kimiawi Tanah

Metode konvensional untuk menurunkan tegangan permukaan tanah yang bernilai tinggi adalah dengan menurunkan tahanan jenis tanah. Beberapa zat aditif yang ditambahkan di dalam tanah terbukti mampu menurunkan tahanan jenis tanah dan secara langsung akan menurunkan tegangan permukaan tanah. Beberapa jenis garam yang secara alamiah terkandung di dalam tanah cenderung bersifat konduktif dan menurunkan tahanan jenis tanahnya. Penambahan aditif harus diperhitungkan cermat karena beberapa aditif pada dosis tertentu cenderung bersifat korosif yang sangat dihindari dalam sistem pentanahan. Buku-buku pentanahan kuno (1930-an), menyatakan bahwa tahanan elektroda dapat turun sampai dengan 90 % dengan perlakuan kimia. Bahan-bahan yang digunakan adalah sodium klorid (garam), magnesium sulfat (garam Inggris), tembaga sulfat, sodium karbonat (soda api), dan kalsium klorid. Bahan-bahan ini disebar disekitar elektroda melalui sebuah lubang di sekeliling elektroda. Resistivitas yang dihasilkan dapat turun 0,2 Ohm-m dengan menambahkan soda api dan 0,1 Ohm-m dengan penambahan garam dapur. Bahan-bahan terbaru yang digunakan untuk menurunkan tahanan jenis tanah antara lain sebagai berikut:

1. Bentonite

Bentonite adalah bahan alami berupa tanah liat berwarna coklat muda sewarna minyak zaitun dengan tingkat keasaman rendah, mempunyai pH 10,5. Bentonite mampu menyerap air disekitarnya lima kali berat bentonite sendiri dan menahannya. Dimensinya dapat mengembang 13 kali volume keringnya. Nama kimia bentonite adalah sodium montmorillonite. Dalam kondisi tak jenuh zat ini mampu menyerap kelembaban tanah sekitar dan hal ini yang menjadikan bentonite digunakan. Zat ini mempunyai resistivitas rendah sekitar 5 Ohm dan bersifat non korosif. Bentonite berkarakter tiksotropik, berbentuk gel dan tidak mudah bereaksi sehingga sebaiknya disimpan dalam tempat tertutup. Bentonite biasa digunakan sebagai bahan pengisi untuk *driven rod* dalam, zat ini cenderung menempel kuat pada rod tersebut. Kondisi tanah yang sangat kering dengan periode yang cukup panjang akan mengakibatkan bentonite pecah dengan sedikit kontak elektroda terhadapnya. Aplikasi bentonite di Inggris tidak terjadi hal yang demikian karena kondisi tanah yang sangat kering jarang terjadi.

2. Marcionite

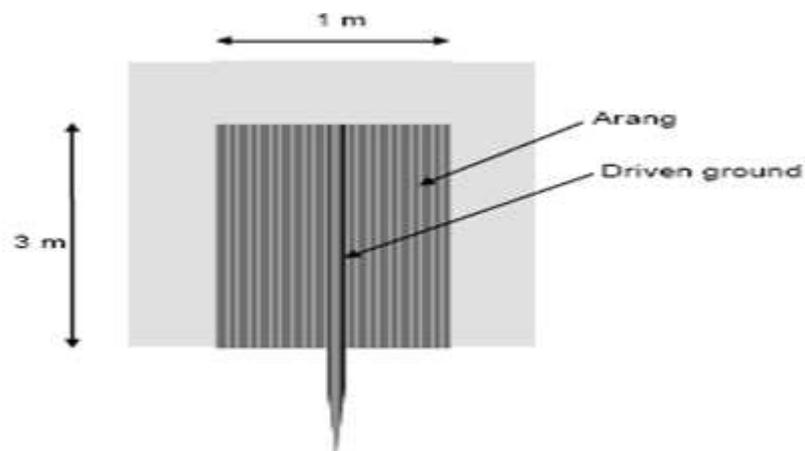
Marcionite adalah bahan yang bersifat konduktif dengan kandungan kristal karbon yang cukup tinggi pada fase normalnya, dan juga mengandung belerang dan klorida dengan konsentrasi rendah. Seperti halnya bentonite, marcionite akan bereaksi korosif terhadap logam tertentu, dan memiliki tahanan jenis rendah. Logam yang digunakan sebaiknya dilapisi bitumen atau cat bitumastik sebelum dihubungkan dengan marcionite. Aluminium, lapisan timah dan baja galvanis sebaiknya jangan dipasang pada marcionite. Marconite dapat mempertahankan kelembabannya dalam kondisi lingkungan sangat kering sehingga kelemahan bentonite dapat ditutup oleh marcionite. Marcionite juga digunakan sebagai bahan anti statik pada lantai dan tabir elektromagnetik. Marcionite terdaftar dalam merek dagang *Marconi Communication System United*.

3. Gypsum

Adakalanya kalsium sulfat (gypsum) digunakan sebagai bahan uruk, baik dalam fase sendiri maupun dicampur dengan bentonite atau dengan tanah alami berasal dari daerah tersebut. Gypsum mempunyai kelarutan yang rendah sehingga tidak mudah dihilangkan, tahanan jenisnya rendah berkisar 5-10 Ohm-m pada kondisi jenuh. Dengan pH berkisar 6,2 -6,9, gypsum cenderung bersifat netral. Gypsum tidak mengkorosi tembaga, meskipun terkadang kandungan ringan SO₃ menjadi masalah pada struktur dasar dan fondasi. Zat ini tidak mahal dan biasanya dicampur dengan tanah urukan sekitar elektroda. Diklaim zat ini membantu mempertahankan tahanan yang rendah ringan periode waktu yang relatif lama, pada daerah dengan kandungan garam disekitarnya dilarutkan oleh aliran air (hujan) Resistivitas tanah yang tinggi disinyalir sebagai sebab utama tingginya tahanan tanah.

4. Arang kayu

Perlakuan kimiawi terhadap tanah dirasa cocok dan murah diterapkan sebagai solusi pemecahan terhadap tingginya tahanan tanah. Metode tersebut dilakukan dengan memberikan bahan urukan (*backfill material*), yang digunakan adalah arang kayu untuk menurunkan resistivitas tanah. Arang kayu dimasukkan dalam lubang yang dibuat di sekitar *driven ground* dengan dimensi diameter 1 m dan kedalaman 3 m. Abu stasiun pembangkit dan arang digunakan karena kandungan karbon yang tinggi cenderung bersifat konduktif. Namun demikian bahan ini mengandung oksida karbon, titanium, potasium, sodium, magnesium atau kalsium bercampur dengan silika dan karbon. Pada kondisi basah, beberapa zat tersebut tidak dapat dielakkan bereaksi dengan tembaga dan baja menyebabkan korosi. Dengan demikian penggunaan arang kayu sebagai *backfill material* perlu dievaluasi kembali atau mungkin perlunya lapisan pelindung pada elektroda seperti bitumen ditambahkan.



Gambar 2.9 Perawatan Kimiawi Elektroda Pentanahan

2.6.2 Perawatan rutin.

Perawatan dilakukan untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja sistem pentanahan dilakukan rutin setiap 1 tahun/6 bulan untuk memantau kondisi fisik saluran transmisi berikut sistem pentanahannya. Tahanan pentanahan diukur dengan metode yang telah dijelaskan sebelumnya. Kerusakan yang terjadi pada sistem pentanahan biasanya diakibatkan sambungan kendur atau korosi antar bagian elektroda. Perbaikan dilakukan dengan mengencangkan kembali baut-baut sambungan dan membersihkan bagian elektroda dari korosi.

Telah diketahui bahwa logam, khususnya besi dan baja bila ditanam dalam tanah maka akan terjadi pengaratian (*korosif*). Tahanan jenis tanah yang rendah menunjukkan kandungan larutan garam dan air yang tinggi. Tanah dengan daya hantar tinggi maka akan tinggi pula daya korosinya. Keadaan tanah dapat diklasifikasikan dalam 4 kategori mengacu pada tahanan tanah dan daya korosinya. Seperti terlihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Tahanan jenis tanah dan daya korosinya

No.	Tahanan Jenis Tanah (ohm meter)	Daya Korosi
1	0 - 25	Tinggi
2	25 – 50	Menengah
3	50 – 100	Rendah
4	> 100	Sangat Rendah

Suatu kajian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa korosi menyebabkan logam berkurang sekitar 0,06 mm per tahun. Pemeliharaan terhadap daya korosi yang tinggi dapat dilakukan dengan cara menabur batu kecil-kecil didaerah pentanahan agar terjadi kenaikan tahanan jenis tanah sehingga daya korosi akan berkurang.

2.7 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah sangat menentukan tahanan pentanahan dari elektrodaelektroda pentanahan. Tahanan jenis tanah diberikan dalam satuan Ohm-meter. Dalam bahasan di sini menggunakan satuan Ohm-meter, yang merepresentasikan tahanan tanah yang diukur dari tanah yang berbentuk kubus yang bersisi 1 meter.

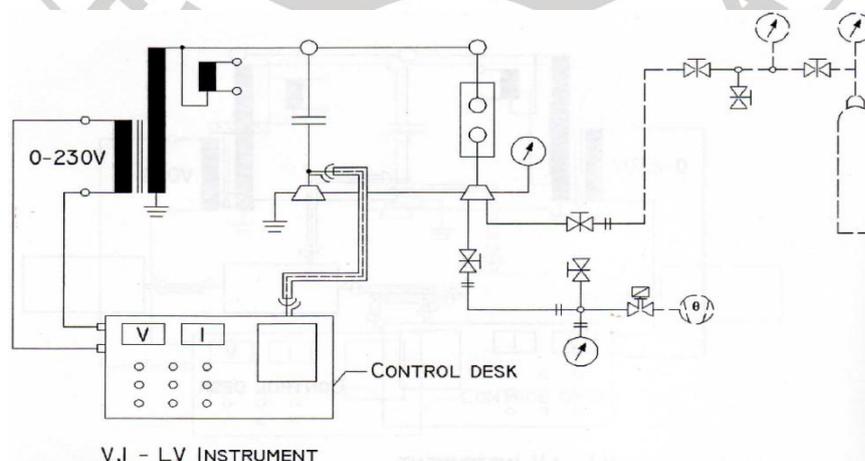
Yang menentukan tahanan jenis tanah ini tidak hanya tergantung pada jenis tanah saja melainkan dipengaruhi oleh kandungan moister, kandungan mineral yang dimiliki dan suhu (suhu tidak berpengaruh bila di atas titik beku air). Oleh karena itu, tahanan jenis tanah bisa berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya. Sebagai pedoman kasar, tabel berikut ini berisikan tahanan jenis tanah yang ada di Indonesia.

Tabel 2.3 Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tanah Rawa	Tanah Liat dan ladang	Pasir Basah	Kerikil Basah	Pasir dan Kerikil Kering	Tanah berbatu
Tahanan Jenis (ohm Meter)	30	100	200	500	1000	3000

Pengetahuan ini sangat penting khususnya bagi para perancang sistem pentanahan. Sebelum melakukan tindakan lain, yang pertama untuk diketahui terlebih dahulu adalah sifat-sifat tanah di mana akan dipasang elektroda pentanahan untuk mengetahui tahanan jenis pentanahan. Apabila perlu dilakukan pengukuran tahanan tanah. Namun perlu diketahui bahwa sifat-sifat tanah bisa jadi berubah-ubah antara musim yang satu dan musim yang lain. Hal ini harus betul-betul dipertimbangkan dalam perancangan sistem pentanahan. Bila terjadi hal semacam ini, maka yang bisa digunakan sebagai patokan adalah kondisi kapan tahanan jenis pentanahan yang tertinggi. Ini sebagai antisipasi agar tahanan pentanahan tetap memenuhi syarat pada musim kapan tahanan jenis pentanahan tinggi, misalnya ketika musim kemarau.

2.8 Gambar Diagram Pengawatan Untuk Perencanaan Grounding



Gambar 2.10 Diagram Pengawatan

Budi Sanusi Abdurachman, 2013

Perencanaan Dan Pembuatan Sistem Pentanahan Laboratorium Tegangan Tinggi
Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.Upi.Edu | Perpustakaan.Upi.Edu

2.9 Rumus-rumus Tentang Perhitungan Pentanahan

2.9.1 Rumus Umum Pentanahan Menurut Hukum Ohm

$$R = \frac{V}{I}$$

Dimana:

R = Tahanan Pentanahan (ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (ampere)

2.9.2 Rumus Pentanahan Sesuai PUIL 2000

$$R_p \leq \frac{50}{I_A}$$

Dimana:

R_p = Tahanan Pentanahan (ohm)

I_A = Arus Pemutus (Ampere)

2.9.3 Rumus Pentanahan elektroda Batang

$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right]$$

Dimana:

R_G = Tahanan Pentanahan (ohm)

R_R = Tahanan Pentanahan Untuk Batang Tunggal

ρ = Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)

L_R = Panjang Elektroda (meter)

A_R = Diameter Elektroda (meter)