

Pentanahan untuk Perlindungan Peralatan dan Bangunan Gedung

Agus Sugiharto
Pusat Pengembangan SDM Minyak dan Gas Bumi

Abstrak

Salah satu penyebab terjadinya kebakaran atau kerusakan peralatan listrik, instalasi maupun bangunan gedung disebabkan adanya kesalahan sistem pentanahan (*grounding system*) yang diakibatkan oleh adanya lonjakan arus listrik seperti petir maupun gangguan arus listrik itu sendiri seperti arus hubung singkat dan *overload*. Untuk itu diperlukan suatu perencanaan sistem pentanahan yang baik agar gangguan lonjakan listrik tersebut bisa diminimalisir akibatnya. Efektivitas sistem dari suatu alat pelindung terhadap sambaran petir dan gangguan listrik akan sangat tergantung dari pentanahan (*grounding*) dan penghantar pengikat/penghubung (*bonding*) yang apabila tidak dikerjakan sebagaimana mestinya akan mengakibatkan terjadinya kegagalan sistem dan bisa berakibat rusaknya peralatan listrik dan juga bangunan lainnya.

Kata kunci: sistem pentanahan (*grounding system*), pentanahan (*grounding*), *bonding*

1. Pendahuluan

Secara umum, pentanahan memiliki fungsi sebagai pengaman instalasi listrik dari berbagai macam gangguan, bahaya atau kerusakan yang timbul disebabkan berbagai faktor, seperti sambaran petir, kebocoran listrik, lonjakan tegangan, dan lainnya. Energi listrik yang dihasilkan Petir ini terjadi karena adanya pergerakan awan secara terus menerus yang menyebabkan bergesekan antara dua lempengan, baik itu antara lempengan awan dengan awan maupun lempengan awan dengan bumi, dimana petir ini dapat menghasilkan energi listrik yang sangat besar sampai dengan jutaan volts. Sistem pengaman yang biasa digunakan untuk mencegah kerusakan jaringan dan perlengkapan listrik akibat sambaran petir langsung adalah dengan memasang peralatan penangkal petir (*lightning protection*). Penangkal petir akan menerima tegangan listrik dari sambaran petir dan mengalirkan tegangan listrik tersebut ke tanah (bumi) melalui pentanahan.

Pentanahan berupa kabel penghantar (konduktor) yang terhubung langsung menuju tanah dan dihubungkan pada suatu titik tertentu pada jalur - jalur instalasi listrik atau langsung dipasangkan pada suatu perlengkapan listrik. Seperti kita ketahui

bahwa bumi atau tanah ini memiliki netral yang paling baik artinya dapat menetralkan lonjakan tegangan listrik yang sangat tinggi. Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan tanah sehingga dapat mengamankan manusia dan peralatan dari bahaya tegangan listrik yang abnormal. Dalam tulisan ini akan dibahas tentang pentingnya pentanahan, bagian-bagian sistem pentanahan, peralatan dan pengukuran tahanan pentanahan dengan earth tester (*ground tester*).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Pentanahan

Dalam PUIL 2011 (PUIL : Persyaratan Umum Instalasi Listrik) dikenal beberapa jenis pembumian antara lain pembumian fungsional, pembumian paralel dan pembumian proteksi. Secara umum sistem pembumian adalah suatu rangkaian / jaringan mulai dari kutub pembumian / elektroda, hantaran penghubung / conductor sampai terminal pembumian yang berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi sehingga dapat memberikan proteksi terhadap manusia dari sengatan listrik (*shock*), dan mengamankan komponen-komponen instalasi agar dapat terhindar dari bahaya

arus dan tegangan asing, serta perangkat dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan teknis yang semestinya.

Sistem pentanahan adalah hubungan penghantar listrik 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, sistem pentanahan menjadi bagian yang sangat penting pada sistem tenaga listrik. Secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah, menjamin kerja peralatan listrik/elektronik, mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik, dan menyalurkan energi serangan petir ke tanah.

Sedangkan Tujuan sistem pentanahan (grounding) adalah sebagai berikut :

- Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan
- Menjaga keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari sengatan sentuh atau sengatan langkah.
- Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor system dan bumi.
- Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik.
- Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
- Menyalurkan energi serangan petir ke tanah.
- Menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya flashover.

2.2 Bagian Sistem Pentanahan

Perilaku tahanan sistem pentanahan sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisnya) dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan tersebut. Beberapa jenis

kontur tanah mempengaruhi pemilihan jenis alat pentanahan dan perencanaan groundingsistemnya. Tanah liat, tanah sawah, tanah uruk tanah tambak masing - masing memiliki nilai pentanahan yang berbeda - beda juga. Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pentanahan tersebut. Besar impedansi (tahanan) pentanahan tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor.

Faktor internal meliputi :

- Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya).
- Resistivitas (nilai tahanan) relative tanah.
- Konfigurasi sistem pentanahan.

Faktor eksternal meliputi :

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

2.2.1 Jenis - Jenis Pentanahan

Secara garis besar sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu;

- Pentanahan sistem
- Pentanahan peralatan
- Pentanahan penangkal petir

a. Pentanahan Sistem

Sistem dengan titik netral ditanahkan adalah suatu sistem yang titik netral dari sistem tersebut sengaja dihubungkan ke tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung. Adapun tujuan pentanahan titik netral sistem adalah sebagai berikut :

- Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
- Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
- Meningkatkan keandalan (realibility) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
- Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan

bunga api yang berulang-ulang (restrikegroundfault).

- Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkan dalam menentukan lokasi gangguan.

b. Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan sistem pentanahan netral pengaman (PNP) adalah tindakan pengamanan dengan cara menghubungkan badan peralatan / instalasi yang diproteksi dengan hantaran netral yang ditanahkan sedemikian rupa sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tidak terjadi tegangan sentuh yang tinggi sampai bekerjanya alat pengaman arus lebih. Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik.

Pentanahan Peralatan bertujuan:

- Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi normal atau tidak normal.
- Untuk memperoleh impedansi yang kecil/rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah.

c. Pentanahan Penangkal Petir

Untuk menghindari timbulnya kecelakaan atau kerugian akibat sambaran petir, maka diadakan usaha pemasangan instalasi penangkal petir pada bangunan akibat sambaran petir ini akan mengakibatkan ke langsung objek tersambar.

Dengan adanya instalasi penangkal petir, maka diharapkan sambaran petir dapat dikendalikan melalui instalasi penangkal petir yang diteruskan ke bumi tanpa merusak benda disekitarnya.

2.2.2 Bagian - Bagian Pentanahan

Beberapa bagian atau peralatan dalam sistem pentanahan adalah elektroda, kabel konduktor, dan beberapa kelengkapan sistem pentanahan.

a. Elektroda

Elektrodapentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan agar diperoleh laluan arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah.

Untuk bahan elektrodapentanahan biasanya digunakan bahan tembaga, atau baja yang bergalvanis atau dilapisi tembaga. Jenis-jenis elektroda yang digunakan dalam pentanahan adalah sebagai berikut

b. Elektroda Batang

Elektroda batang elektroda yang pertama kali digunakan, dan teori - teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu - gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. Disamping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang ini mampu menyalurkan arus discharge petir maupun untuk pentanahan yang lain.

c. Elektroda Pelat

Elektroda pelat ialah elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis - jenis elektroda yang lain.

d. Elektroda Pita

Elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Pemancangan ini akan bermasalah apabila mendapati lapisan-lapisan tanah yang berbatu, disamping sulit pemancangannya, untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Untuk mengganti pemancangan secara vertikal ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horisontal) dan dangkal.

e. Elektroda Jembatan (*Mesh / Grounding bridge*)

Elektroda jembatan adalah elektroda yang terbuat dari strip plat yang dirangkai menyerupai jembatan dan biasanya dipasang dibawah tower transmisi dan gardu induk. Atau bisa juga diartikan cara pentanahan dengan jalan memasang kawat elektrodadibawah tanah yang satu sama lain dihubungkan disetiap tempat sehingga membentuk jala (*mesh*). Tujuan pentanahanmesh untuk mendapatkan harga tahanan tanah yang sangat kecil (kurang dari 1 ohm).

Kelengkapan Sistem Pentanahan ini terdiri dari : *Copper Rod* yang berfungsi sebagai elektrodapentanahan dan dikoneksi dengan kabel BC (*Bare Copper*) dengan pengkoneksian mempergunakan konektor kabel BC. Kabel BC yang terkoneksi dengan Copper Rod itu diinterkoneksi di dalam bak Kontrol.

f. Bak Kontrol

Bak kontrol adalah bak yang berfungsi untuk tempat interkoneksi Kabel BC yang terhubung dengan Copper Rod yang satu dengan yang lain dan bak kontrol ini berfungsi sebagai titik pengukuran nilai tahanan tanah dimanagrounding telah dipasang.

g. Kabel BC

Kabel BC adalah kabel listrik yang terbuat dari logam tembaga tanpa pelindung yang digunakan untuk grounding. Kabel BC tidak dianjurkan dipakai sebagai penghantar phase listrik karena dapat berbahaya jika terkena sentuhan atau terjadi hubung singkat.

h. Bus Bar

Bus Bar adalah Batang konduktor, biasanya terbuat dari lempeng tembaga panjang yang dipergunakan sebagai konektor antara kabel BC yang masuk ke elektrodapentanahan dengan kabel BC yang masuk ke peralatan maupun busbar yang terintegrasi dengan sistem pentanahan yang lainnya.

3. Metode Penelitian

Studi pustaka menjadi metode yang digunakan dalam penulisan ini. Studi pustaka merupakan kajian teoritis, referensi, serta literatur ilmiah lainnya termasuk hasil penelitian sebelumnya untuk mendapatkan landasan teori terhadap permasalahan yang diteliti.

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Untuk perlindungan personel dan peralatan diusahakan tahanan pentanahan nilainya kurang dari 1 ohm. Elektrodapentanahan umumnya dibuat dari bahan yang sangat konduktif seperti baja atau tembaga, besar tahanan elektroda tanah dan sambungannya umumnya sangat rendah sehingga arus mengalir tidak terhambat. Untuk memahami mengapa tahanan pentanahan harus rendah, dapat digunakan hukum Ohm yaitu :

$$E = I \times R$$

dimana :

E = Tegangan (volt);

I = Arus Listrik (Ampere);

R = Tahanan (Ohm)

4.1 Perhitungan Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah. Nilai standar mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik atau PUIL 2011 (peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini) yaitu kurang dari atau sama dengan 5 (lima) ohm. Dijelaskan bahwa nilai sebesar 5 ohm merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistan pembedaan (grounding) yang masih bisa ditoleransi.

Nilai resistansi / tahanan pentanahan dalam sistem pentanahan merupakan komposisi dari:

- Resistansi elektroda batang.
- Resistansi kontak antara permukaan elektroda batang dan tanah disekitarnya.
- Resistansi bagian tanah di sekitar elektroda batang pentanahan.

Umumnya resistansi elektroda batang dan resistansi kontak nilainya kecil dan dapat

diabaikan dengan resistansi bagian tanah disekitarelektrodapentanahan. Nilai resistans jenis tanah sangat berbeda tergantung komposisi tanah seperti dapat dilihat pada Tabel dibawah ini. Dimana Nilai-nilai pada Tabel seluruhnya berlaku untuk tanah lembab sampai basah. Pasir kering mutlak atau batu adalah suatu bahan isolasi yang bagus, sama seperti air destilasi. Nilai tahanan tanah untuk pentanahan untuk elektroda batang tunggal bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan Dwight seperti dibawah ini:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \frac{4L}{a} - 1 \right\}$$

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (Ohm).
- ρ = Tahanan tanah rata - rata (Ohm - Cm).
- L = Panjang pasak ke tanah (cm).
- a = Jari - jari penampang pasak (cm).

Nilai tahanan tanah untuk pentanahan untuk elektroda pelat dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R_G = R_p = \frac{\rho}{2\pi L_p} \left[\ln \left(\frac{8 W_p}{0,5 W_p + T_p} \right) - 1 \right]$$

Dimana

- R_p = Tahanan pentanahan pelat (ohm)
- ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)
- L_p = Panjang pelat (m)
- W_p = Lebar Pelat (m)
- T_p = Tebal Pelat (m)

Sedangkan untuk nilai tahanan pada pentanahan dengan elektroda pita dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R_G = R_w = \frac{\rho}{\pi L_w} \left[\ln \left(\frac{2 L_w}{\sqrt{d_w Z_w}} \right) + \frac{1,4 L_w}{\sqrt{A_w}} - 5,6 \right]$$

Dimana:

- R_w = Tahanan dengan kisi - kisi (grid) kawat (ohm)
- ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)

L_w = Panjang total grid kawat (m)

d_w = Diameter kawat (m)

Z_w = Kedalaman penanaman (m)

A_w = Luasan yang dicakup oleh grid (m²)

Dari persamaan diatas menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan besarnya tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda tersebut harus ditanam untuk memperoleh tahanan pentanahan yang rendah.

Metode-metode yang digunakan dalam mereduksi nilai R untuk elektroda batang pbumian, telah direkomendasikan menurut IEEE Std. 142-1982 yaitu:

- Penambahan jumlah batang pbumian.
- Memperpanjang ukuran batang pbumian.
- Membuat perlakuan terhadap tanah (soiltreatment) yang terdiri dari Metode bak ukur (ContainerMethod) dan Metode parit (TrenchMethod).
- Menggunakan batang Pbumian khusus.
- Metode kombinasi.

Besarnya nilai tahanan semakin kecil akan semakin baik, Untuk perlindungan personil dan peralatan perlu diusahakan tahanan pentanahan lebih kecil dari 1 Ohm. Nilai standar yang mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik atau PUIL 2011 (peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini) yaitu kurang dari atau sama dengan 5 (lima) ohm. Dijelaskan bahwa nilai sebesar 5 ohm merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistan pbumian (grounding) yang masih bisa ditoleransi. Nilai yang berada pada range 0 ohm - 5 ohm adalah nilai aman dari suatu instalasi pbumian grounding. Nilai tersebut berlaku untuk seluruh sistem dan instalasi yang terdapat pbumian (grounding) di dalamnya. dan Untuk tanah dengan nilai resistansi yang tinggi berdasar PUIL 2011 nilai tahanan sistem totalnya tidak boleh lebih dari 10 ohm. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan adalah Earth Tester atau Ground Tester, untuk jenisnya ada yang analog maupun digital.

Cara melakukan pengukuran tahanan pentanahan bisa dilakukan dengan Earth Tester seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

Langkah - langkah yang dilakukan pada saat akan mengukur adalah dengan memeriksa kondisi kabel BC (batang elektrode) yang akan diukur, apabila kotor harus dibersihkan agar jepitan kabel probe alat ukur bisa menyentuh langsung bagian permukaan elektrode dan menghindari terjadinya kesalahan pembacaan alat ukur. Berikutnya harus dipastikan kondisi alat ukur masih bekerja dengan baik dan normal sebelum dilakukan pengukuran. Lakukan pengukuran sesuai dengan petunjuk pada alat ukur dan perhatikan nilai tahanan atau resistansi yang muncul, apabila nilainya sesuai dengan range yang ditetapkan berarti pentanahan tersebut masih bagus, begitu juga sebaliknya.

5. Kesimpulan

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan tanah (bumi) sehingga dapat mengamankan manusia dan peralatan dari bahaya tegangan listrik yang abnormal. Bagian utama dari sistem pentanahan antara lain elektroda, kabel konduktor (BareCopper), Bak kontrol dan Bus Bar. Pengukuran secara berkala wajib dilakukan terhadap semua pentanahan yang dipasang dan memastikan nilainya berada pada range yang telah ditetapkan pada PUIL 2011 yaitu sebesar atau kurang dari 5 ohm. Semakin kecil nilai tahanan pentanahan maka semakin baik pula sistem pentanahan tersebut dalam melindungi personel dan peralatan tersebut dari kerusakan akibat gangguan listrik abnormal.

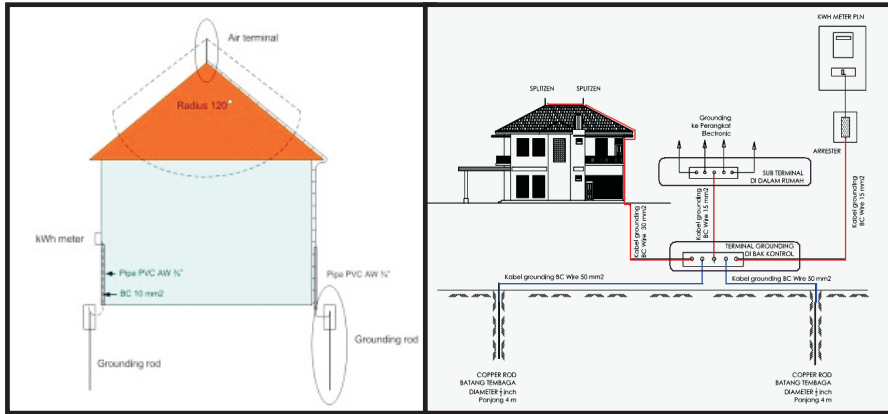
Untuk membuat sistem tahanan pentanahan yang efektif maka perlu dipertimbangkan jenis elektroda yang akan dipilih dengan menyesuaikan kondisi tanah disekitar lokasi bangunan atau peralatan yang akan dilakukan pentanahan. Setelah dilakukan pemasangan instalasi pentanahan maka harus dilakukan perawatan secara rutin dan pengukuran secara berkala terhadap tahanan pentanahan di semua

titik elektroda terpasang untuk menjamin keselamatan personel dan peralatan terpasang.

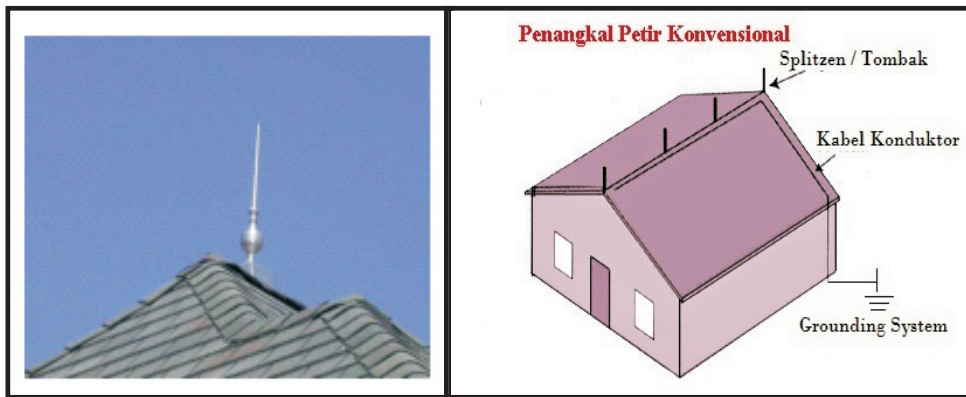
6. Daftar Pustaka

- Daud Salemba, 2010, Hubungan Antara Pentanahan (Grounding) Dan Semua Penghantar Penghubung Titik-Titik Pentanahan (Bonding) Terhadap Efektifitas Alat Pelindung Sambaran Petir, Media elektrik Volume 5, nomor 1.
- Budi Sanusi Abdurrachman, 2013, Perencanaan dan Pembuatan Sistem pentanahan Laboratorium Tegangan Tinggi, Universitas Pendidikan Indonesia.
- PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011), <http://www.instalasilistrikrumah.com>, Arde atau Grounding untuk Instalasi Listrik Rumah, diakses 19 Oktober 2017
- Ir. Jamaaluddin, MM, Petunjuk praktis Perancangan Pentanahan Sistem tenaga listrik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 2017
- Anon, Ieee 142 Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems., vol. 1991. 1974.
- Putu Rusdi Ariawan, Megger dan Pengukuran Pentanahan, Fakultas Teknik Elektro Universitas Udayana, 2009

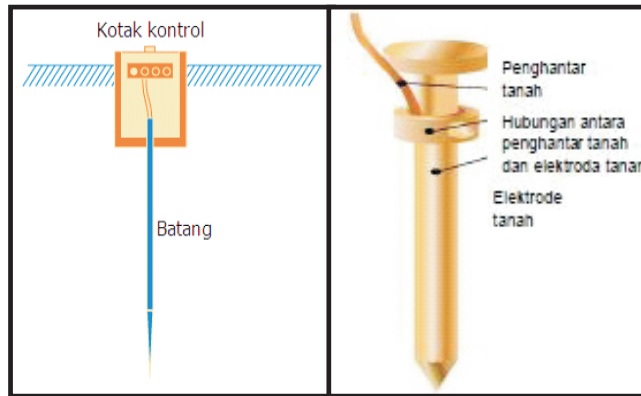
Daftar Gambar



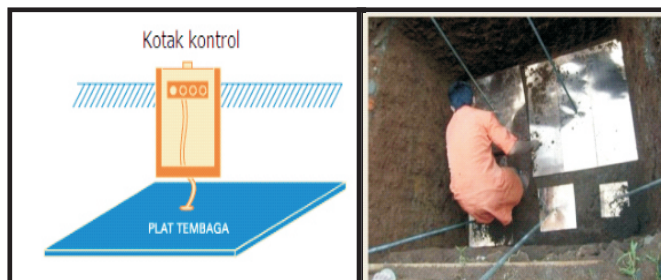
Gambar 1. Instalasi Grounding Rumah dan Gedung



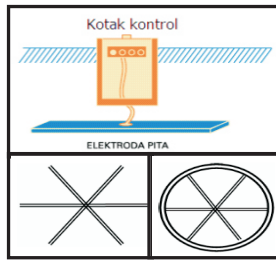
Gambar 2. Instalasi Penangkal Petir



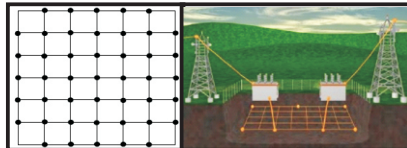
Gambar 3. Elektroda Batang (Copper Rod)



Gambar 4. Elektroda Pelat



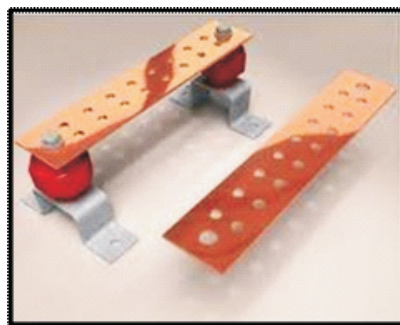
Gambar 5. Elektroda Pita dalam Beberapa Konfigurasi



Gambar 6. Elektroda Jembatan



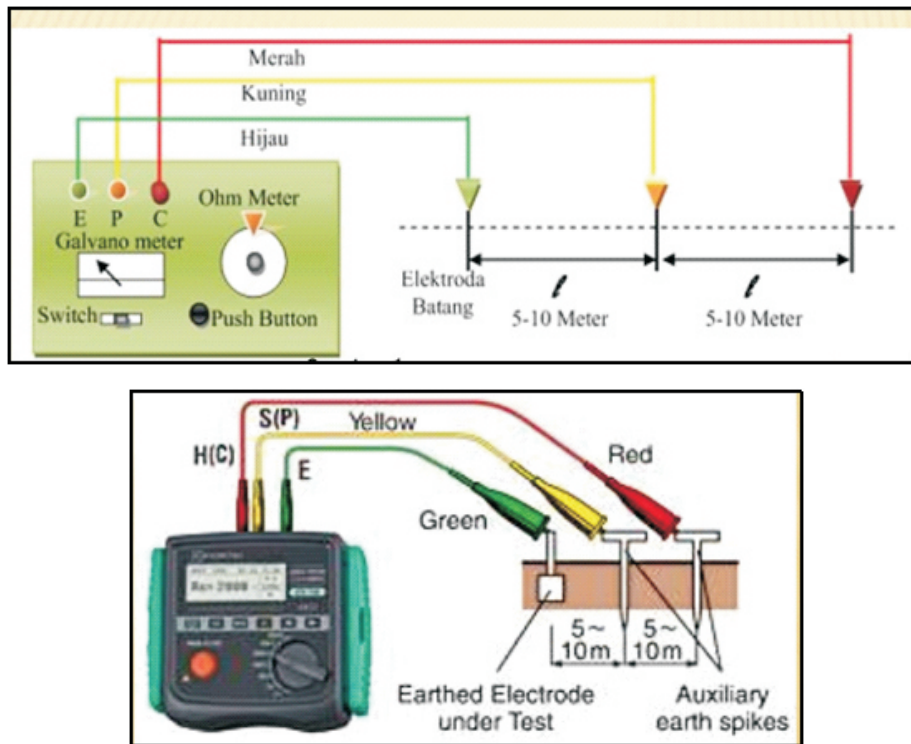
Gambar 7. Bak Kontrol Kabel BC



Gambar 8. Busbar Tembaga



Gambar 9. Alat Ukur Earth Tester (Ground Tester)



Gambar 10. Skematik Cara Mengukur Tahanan Pentanahan dengan Earth Tester

Daftar tabel

Tabel 1 Nilai Rata-Rata Resistensi Jenis Tanah (Dalam *Ohm Meter*)

NO	JENIS TANAH	TAHANAN JENIS TANAH (<i>Ohm. Meter</i>)
1	Tanah yg 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 kerikil kering	1.000
7	Batu	3.000

Tabel 2 nilai rata-rata dari resistansi pembumian untuk elektrode bumi

Jenis elektroda	Pita atau hantaran pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal 1 m di bawah permukaan tanah dlm m ²	
	Panjang (m)				Panjang (m)					
	10	25	50	100	1	2	3	4	0,5 x 1	1 x 1
Tahanan pentanahan	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25