

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan (*grounding*) 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. Jika tidak, hal ini biasa menimbulkan potensi bahaya listrik yang sangat tinggi, baik bagi manusia, peralatan dan sistem pelayannya sendiri.

Pentanahan atau pembumian merupakan suatu usaha untuk mengamankan sistem instalasi listrik dengan cara mentanahkan badan (*body*) peralatan instalasi tersebut menggunakan elektroda pentanahan yang ditanamkan ke dalam tanah serta dihubungkan melalui suatu penghantar.

Sistem pentanahan (*grounding*) adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.¹

Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut²:

- 1) Membuat jalur resistansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan menggunakan rangkain yang efektif.
- 2) Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge currents*).

¹ Sumardjati, Prih dkk. 2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

² Pabla, As dan Abdul Hadi. 1991. Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta : Erlangga.



- 3) Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang lindungi.
- 4) Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

2.2 Tujuan Pentanahan

Adapun tujuan sistem pentanahan secara umum adalah sebagai berikut:

- 1) Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
- 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.
- 6) Pengetanahan peralatan berlainan dengan pengetanahan sistem, yaitu pengetanahan bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus.

Selain itu, pada dasarnya sistem pentanahan tiga tujuan yaitu³:

- 1) Pengamanan terhadap tegangan lebih. Petir, surja, sentara, atau hubungan yang tidak diinginkan dengan tegangan tinggi dapat menimbulkan tegangan yang berlebih pada sistem distribusi atau instalasi. Pentanahan akan memberikan jalur alternatif bagi sistem yang dilindungi sehingga memperkecil kerusakan atau bahaya yang ditimbulkan karena hal-hal tersebut.
- 2) Kestabilan tegangan. Sumber tegangan listrik dapat berasal dari berbagai peralatan. Transformator dapat dipandang sebagai sumber yang terpisah. Jika tidak ada satu titik acuan bersama untuk semua sumber tegangan itu akan sulit menghitung hubungan antara yang satu dengan yang lain. Bumi merupakan permukaan penghantar yang selalu ada di mana-mana di muka bumi ini. Bumi selalu dimanfaatkan sebagai acuan baku sebagai tegangan nol dalam sistem tenaga listrik.

³ Mismail, B. (2011). Dasar Teknik Elektro Jilid 3: Sistem Tenaga dan Telekomunikasi. Malang: Universitas Brawijaya Press.



- 3) Jalur arus ke bumi untuk memfasilitasi tata kerja peralatan arus lebih. Tujuan utama pentanahan ini adalah untuk keselamatan. Bila semua bagian peralatan listrik yang mengandung logam ditanahkan, maka jika terjadi kegagalan isolasi dalam peralatan itu tidak akan menimbulkan bahaya bagi pemegangnya. Jika ada bagian kawat yang berlistrik menyentuh bagian logam yang ditanahkan itu, akan terjadi hubungan singkat ke tanah dan sekering atau sistem pengamanan lain akan bekerja dan memutuskan hubungan listrik itu.

Adapun pentanahan pada peralatan adalah pentanahan dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus dan tujuan dari pentanahan pada peralatan adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan), untuk semua kondisi operasi normal atau tidak normal. Sistem pembumian ini gunanya ialah untuk memperoleh potensial yang merata (uniform) dalam semua bagian struktur dan peralatan, dan juga untuk menjaga operator atau orang yang berada di daerah instalasi itu berada pada potensial yang sama dan tidak berbahaya pada setiap waktu.
- 2) Untuk memperoleh impedansi yang kecil/rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah. Bila arus hubung singkat ke tanah di paksakan melalui impedansi tanah yang tinggi, hal ini akan menimbulkan busur listrik dan pemanasan yang besarnya cukup untuk menyalakan material yang mudah terbakar.

Secara singkat tujuan pembumian itu dapat diformulasikan sebagai berikut :

- 1) Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.
- 2) Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan pada bangunan maupun isinya.



- 3) Untuk memperbaiki penampilan (*performance*) dari sistem.

2.3 Komponen Sistem Pentanahan

Komponen sistem pentanahan secara garis besar terdiri dari dua bagian, yaitu hantaran penghubung dan elektroda pentanahan.

1) Hantaran Penghubung

Hantaran penghubung adalah suatu saluran penghantar (*conductor*) yang menghubungkan titik kontak pada badan atau kerangka peralatan listrik dengan elektroda bumi. Fungsi hantaran penghubung adalah untuk menyalurkan arus gangguan ke elektroda pada sistem pentanahan. Penghantar yang digunakan dapat berupa penghantar yang berisolasi atau kabel dan juga penghantar yang tidak berisolasi seperti BC (*Bare Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*). Bahan yang digunakan kebanyakan terbuat dari aluminium dan tembaga. Dalam hal pentanahan untuk peralatan sering digunakan penghantar dengan tembaga atau BC.

Antara hantaran penghubung dan elektroda pentanahan harus dipasang sambungan yang dapat dilepas untuk keperluan pengujian resistansi pembumian sehingga penempatan sambungan tersebut harus pada tempat mudah dicapai. Sambungan hantaran penghubung ini dengan elektroda harus kuat secara mekanis dan menjamin hubungan listrik dengan baik misalnya dengan menggunakan penyambungan las, klem, atau baut kunci yang mudah lepas. Klem pada elektroda harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10mm^2 . Selain faktor di atas yang perlu diperhatikan juga adalah sambungan antar penghantar penghubung dan elektroda pentanahan tersebut juga harus dilindungi dari korosi sehingga daya tahan untuk sistem pentanahannya bisa lama terjamin.

2) Elektroda Pentanahan

Yang dimaksud dengan elektroda pentanahan adalah sebuah atau sekelompok penghantar yang ditanam dalam bumi dan mempunyai kontak yang erat dengan bumi dan menyertai hubungan listrik dengan bumi.



Elektroda pentanahan tertanam sedemikian rupa dalam tanah berupa elektroda pita, logam, batang konduktor, pipa air minum dari tulang besi beton pada tiang pancang. Untuk mendapatkan harga resistansi pentanahan yang serendah mungkin harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain :

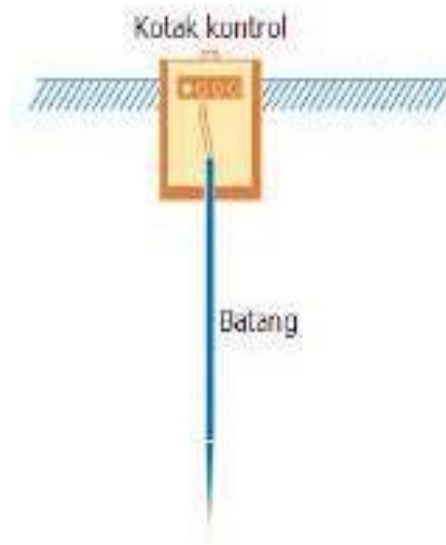
- a) Resistansi elektroda pentanahan harus lebih kecil dari pada harga yang direkomendasikan.
- b) Elektroda pentanahan harus mampu dialiri arus hubung singkat terbesar.
- c) Elektroda pentanahan harus mempunyai sifat kimia yang baik sehingga tidak mudah mengalami korosi.
- d) Elektroda pentanahan harus mempunyai sifat mekanis yang baik.

2.4 Macam-macam Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah sebuah atau sekelompok penghantar yang ditanam dalam bumi dan mempunyai kontak yang erat dengan bumi dan menyertai hubungan listrik dengan bumi. Ada beberapa macam elektroda pentanahan yang biasa dipakai seperti elektroda batang, elektroda pita, dan elektroda plat.

1) Elektroda Batang

Elektroda Batang (Rod), yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu induk-gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. Disamping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas. **Gambar 2.1** menunjukkan gambar dari elektroda batang.



Gambar 2. 1 Elektroda Batang

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda batang tunggal:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

R = Resistansi pentanahan (Ohm)

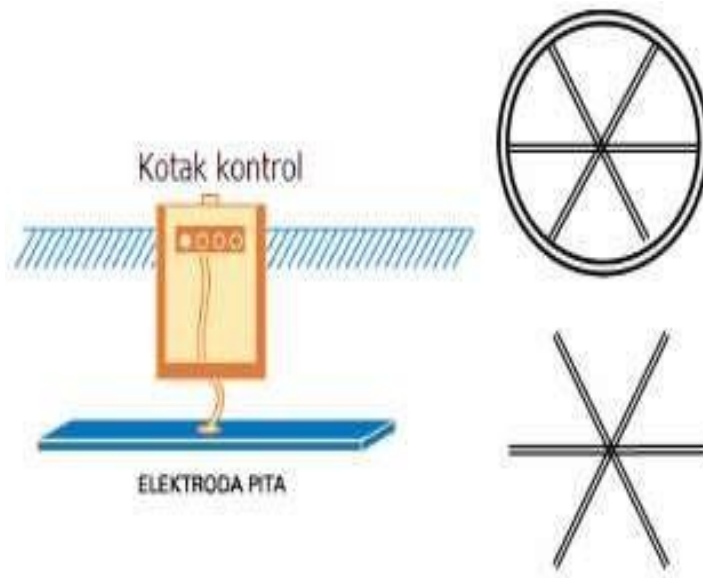
ρ = Resistansi jenis tanah (Ohm-meter)

L = Kedalaman penanaman elektroda (meter)

d = Diameter elektroda (meter)

2) Elektroda Pita

Elektroda pita adalah elektroda yang dibuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dalam. Pemancangan ini akan bermasalah apabila mendapat lapisan-lapisan tanah yang berbatu, disamping sulit pemancangannya, untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Ternyata sebagai pengganti pemancangan batang hantaran secara vertical ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar dan dangkal. Disamping kesederhanaannya itu, ternyata tahanan pentanahan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi elektrodanya, seperti dalam bentuk melingkar, radial atau kombinasi antara keduanya.



Gambar 2.2 Elektroda Pita

Rumus perhitungan tahanan pentanahan elektroda pita:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \frac{2L}{\sqrt{d \cdot Z}} \right) + \frac{1,4 L}{\sqrt{A}} - 5,6 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

R = Resistansi pentanahan grid kawat (Ohm)

ρ = Resistansi jenis tanah (Ohm-meter)

d = Diameter kawat (meter)

L = Panjang total grid kawat (meter)

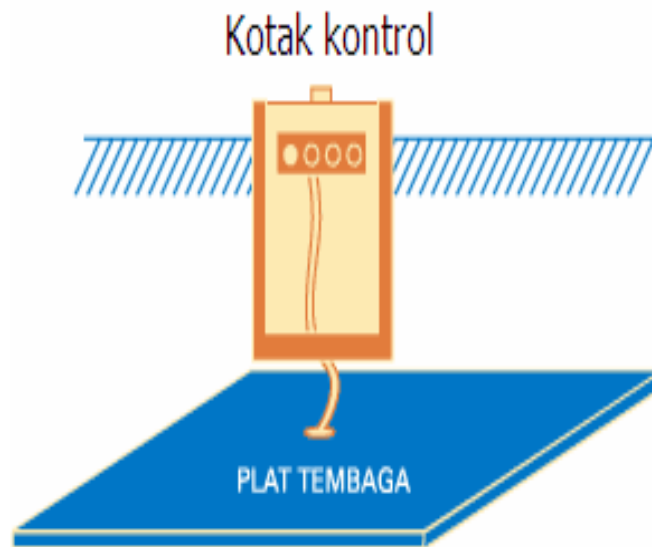
A = Luasan yang dicakup grid (meter)

Z = Kedalaman penanaman (meter)

3) Elektroda Plat

Elektroda plat adalah elektroda dari bahan plat logam (utuh atau berlubang) dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam tanah. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan peralatan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain. Bentuk elektroda plat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang. Cara penanaman biasanya secara vertical, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda

jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical adalah lebih praktis dan ekonomis. Contoh dari gambar elektroda plat ditunjukkan pada **Gambar 2.3** dibawah ini.



Gambar 2.3 Elektroda Plat

Rumus perhitungan tahanan pentanahan elektroda pelat tunggal :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{8W}{\sqrt{0,5W + T}} \right) - 1 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

R = Resistansi pentanahan pelat (Ohm)

ρ = Resistansi jenis tanah (Ohm-meter)

W = Lebar pelat (meter)

L = Panjang pelat (meter)

T = Tebal pelat (meter)

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Resistansi Pentanahan

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah:

- 1) Bentuk elektroda



Ada bermacam-macam bentuk elektroda yang banyak digunakan, seperti jenis batang, pita dan pelat.

2) Jenis bahan dan ukuran elektroda

Sebagai konsekuensi peletakannya di dalam tanah, maka elektroda dipilih dari bahan-bahan tertentu yang memiliki konduktivitas sangat baik dan tahan terhadap sifat-sifat yang merusak dari tanah, seperti korosi. Ukuran elektroda dipilih yang mempunyai kontak paling efektif dengan tanah.

3) Jumlah/konfigurasi elektroda

Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang dikehendaki dan bila tidak cukup dengan satu elektroda, bisa digunakan lebih banyak elektroda dengan bermacam-macam konfigurasi pemancangannya di dalam tanah.

4) Kedalaman pemancangan/penanaman di dalam tanah

Pemancangan ini tergantung dari jenis dan sifat-sifat tanah. Ada yang lebih efektif ditanam secara dalam, namun ada pula yang cukup ditanam secara dangkal.

5) Faktor-faktor alam

- a) Jenis tanah : tanah gembur, berpasir, berbatu, dan lain-lain;
- b) Kelembaban tanah : semakin tinggi kelembaban atau kandungan air dalam tanah akan memperendah tahanan jenis tanah; kandungan mineral tanah: air tanpa kandungan garam adalah isolator yang baik dan semakin tinggi kandungan garam akan memperendah tahanan jenis tanah, namun meningkatkan korosi;
- c) Suhu tanah : suhu akan berpengaruh bila mencapai suhu beku dan di bawahnya. Untuk wilayah tropis seperti Indonesia tidak ada masalah dengan suhu karena suhu tanah ada di atas titik beku.

2.6 Resistansi Jenis Tanah

Resistansi tanah sangat bervariasi di berbagai tempat, dan berubah menurut iklim. Resistansi tanah ini terutama ditentukan oleh kandungan elektrolit di dalamnya, kandungan air, mineral-mineral dan garam-garam. Tanah kering mempunyai tahanan tinggi, tetapi tanah basah dapat juga mempunyai tahanan tinggi, apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut.

Karena resistansi tanah berkaitan langsung dengan kandungan air dan suhu, maka dapat saja diasumsikan bahwa resistansi pentanahan suatu sistem akan berubah sesuai perubahan iklim setiap tahunnya. Karena kandungan air dan suhu lebih stabil pada kedalaman yang lebih besar maka agar dapat bekerja efektif sepanjang waktu, sistem pentanahan dapat dikonstruksi dengan pasak tanah yang ditancapkan cukup dalam di bawah permukaan tanah. Hasil terbaik akan diperoleh apabila kedalaman pasak mencapai tingkat kandungan air yang tetap.

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu:

- a) Jenis tanah : tanah liat, berbatu, dan lain-lain.
- b) Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan.
- c) Kelembaban tanah.
- d) Temperatur.

Untuk melihat gambaran mengenai besarnya resistansi jenis tanah untuk bermacam-macam jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dibawah ini:

Tabel 2.1 Resistansi Jenis Tanah⁴

No	Jenis Tanah	Resistansi Jenis (Ω -m)
1	Tanah Rawa	30
2	Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
3	Pasir Basah	200
4	Kerikil Basah	500
5	Pasir dan Kerikil Kering	1000
6	Tanah Berbatu	3000

2.7 Resistansi Pentanahan Menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 dan SPLN 3 : 1978

Resistansi pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah. Hantaran netral

⁴ Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.



harus diketanahkan di dekat sumber listrik atau transformator, pada saluran udara setiap 200m dan di setiap konsumen. Resistansi Pentanahan menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011) adalah penghubungan suatu titik sirkit listrik atau suatu penghantar yang bukan bagian dari sirkit listrik, dengan bumi menurut cara tertentu dan nilai resistansi pentanahan yang dipersyaratkan dalam PUIL 2011 adalah $\leq 5 \Omega$.

Resistansi pentanahan menurut SPLN 3 : 1978 yaitu seluruh hantaran netral Jaringan Tegangan Rendah (JTR) yang telah tersambung pada transformator, tiang akhir dan PHB utama maksimum 5 ohm.

2.8 Ukuran Elektroda Pentanahan

Ukuran elektroda pentanahan dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2.2 Ukuran Minimum Elektroda Pentanahan

No	Bahan Jenis Elektroda	Baja Digalvanisasi dengan Proses Pemanasan	Baja Berlapis Tembaga	Tembaga
1	Elektroda Pita	Pita baja 100 mm ² setebal minimum 3mm	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm ² tebal minimum 2 mm
		Penghantar pilin 95 mm ² (bukan kawat halus)		Penghantar pilin 35 mm ² (bukan kawat halus)
2	Elektroda Batang	-Pipa baja 25 mm -Baja profil (mm) L 65 x 65 x7 U 6,5 T 6 x 50 x3 - Batang profil lain yang setaraf	Baja berdiameter 15mm dilapisi tembaga setebal 250µm	
3	Elektroda Pelat	Tebal pelat besi 3mm dengan luas 0,5 m ² sampai 1m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²

2.9 Sistem Pentanahan pada Gardu Distribusi

Bagian-bagian yang dipentanahkan pada gardu portal adalah:



- 1) Terminal netral sisi sekunder transformator.
- 2) Lightning Arrester (LA).
- 3) Bagian konduktif terbuka (BKT), seperti PHB-TR dan body transformator.

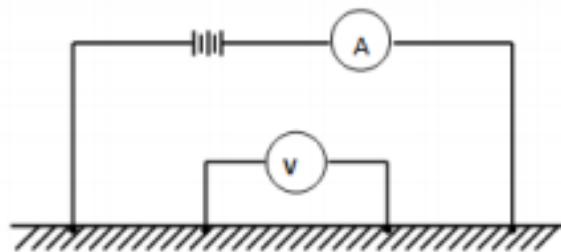
Pentanahan lightning arrester (LA), pentanahan BKT, pentanahan titik netral transformator dilakukan dengan memakai elektroda pentanahan sendiri-sendiri, namun penghantar pentanahan lightning arrester dan BKT dihubungkan dengan kawat tembaga (BC) 50 mm². Penghantar-penghantar pentanahan dilindungi dengan pipa galvanis dengan diameter 5/8 inci sekurang-kurangnya setinggi 3 meter di atas tanah.⁵

2.10 Pengukuran Resistansi Jenis Tanah

Pengukuran resistansi jenis tanah dibagi menjadi 2 (dua) metode, yaitu sebagai berikut :

- 1) Metode empat elektroda (*four electrode method*)

Pengukuran resistansi jenis tanah dengan metode empat elektroda menggunakan empat buah elektroda, sebuah batere, sebuah ampermeter, dan sebuah voltmeter, sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.4 Pengukuran Resistansi Jenis Tanah Metode Empat Elektroda

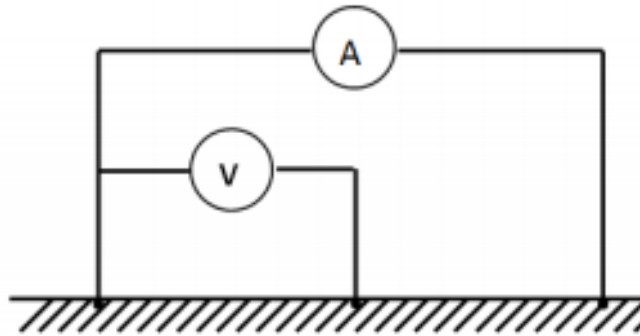
Bila arus (I) masuk ketanah melalui salah satu elektroda dan kembali ke elektroda yang lain yang cukup jauh sehingga pengaruh diameter dapat diabaikan. Arus yang masuk ketanah mengalir secara radial dari elektroda.

- 2) Metode tiga titik (*three point method*)

⁵ Buku 4 PT. PLN (Persero). 2010. Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero).



Metode tiga titik (three-point methode) dimaksudkan untuk mengukur resistansi pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pengentanahan pembantu yang juga belum diketahui tahanannya, seperti pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Pengukuran Resistansi Jenis Tanah Metode Tiga Titik

2.11 Pengukuran Resistansi Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan memiliki 2 cara yaitu :

1) Pengukuran Secara Langsung

Pengukuran secara langsung dibagi menjadi 2 metode yaitu :

a) Metode Uji Drop Tegangan

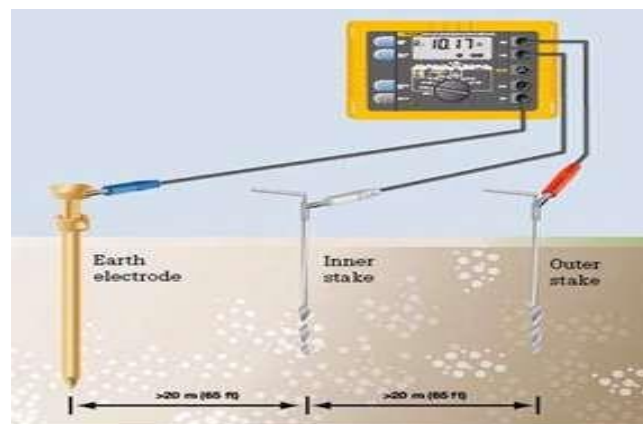
Cara kerja metode uji drop tegangan adalah pada saat pengukuran dilakukan konduktor yang menghubungkan batang pentanahan dengan elektroda utama harus dilepas. Karena terdapat pengaruh tahanan paralel dalam sistem yang ditanahkan, kemudian earth tester dihubungkan ke elektroda utama, 2 buah elektroda bantu ditancapkan ke tanah secara segaris, jauh dari elektroda utama. Biasanya, dengan jarak 10-15 meter.



Gambar 2.6 Earth Tester

Earth tester akan mengukur tegangan antara batang elektroda bantu yang ada ditengah dan elektroda utama. Selanjutnya Earth Tester akan menghitung tahanan pentanahan menurut hukum ohm.

Dimana V adalah besarnya tegangan yang diukur dan I adalah besarnya arus yang kembali melalui elektroda utama. Cara pengukuran tahanan pentanahan dengan metode uji drop tegangan ditunjukkan oleh **Gambar 2.7**.

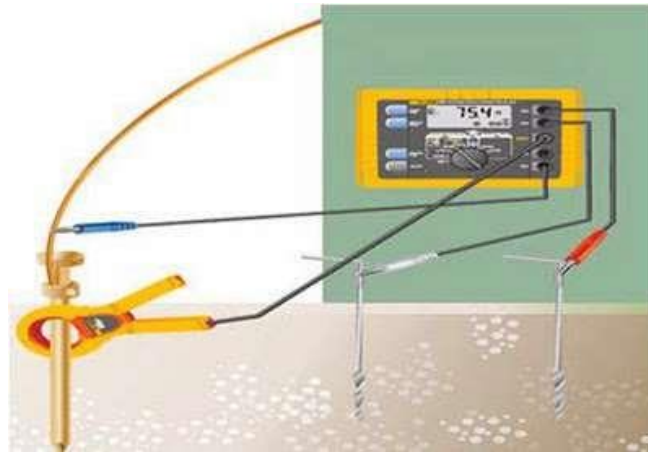


Gambar 2.7 Skema Uji Drop Tegangan

b) Metode Selektif

Pengukuran tahanan pentanahan dengan metode selektif sangat mirip dengan pengukuran tahanan pentanahan dengan metode uji drop tegangan, kedua metode menghasilkan ukuran yang sama, tapi metode selektif dapat dilakukan dengan cara yang jauh lebih aman dan lebih mudah. Hal ini

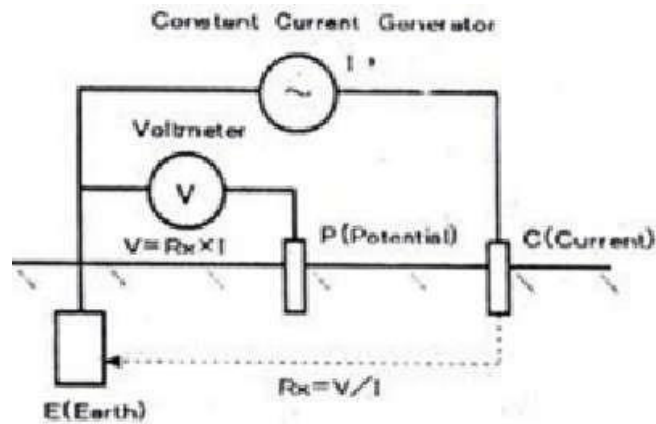
dikarenakan dengan pengujian selektif, elektroda utama tidak harus dilepaskan dari sambungannya di tempat itu.



Gambar 2.8 Skema Metode Selektif

2) Pengukuran Secara Tidak Langsung

Pengukuran secara tidak langsung merupakan proses pengukuran yang dilaksanakan dengan memakai beberapa jenis alat ukur berjenis komparator/pembanding, standar dan bantu. Perbedaan harga yang ditunjukkan oleh skala alat ukur dibandingkan dengan ukuran standar (pada alat ukur standar) dapat digunakan untuk menentukan dimensi objek ukur. Metode yang biasa digunakan dalam pengukuran secara tidak langsung adalah metode *fall of potensial*, yaitu dengan menggunakan amperemeter dan voltmeter. karena untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yaitu dengan membandingkan nilai tegangan dibagi dengan nilai arus yang didapat. Adapun cara pengukuran tahanan pentanahan menggunakan amperemeter dan voltmeter ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Pengukuran Secara Tak Langsung

Cara pengukuran tahanan pentanahan seperti **Gambar 2.9** dapat dilakukan dengan cara menancapkan elektroda bantu P sejauh 20 meter atau lebih dari elektroda utama, kemudian tancapkan elektroda bantu C sejauh 20 meter atau lebih dari elektroda P. Kutub pentanahan elektroda P dan elektroda C harus dalam satu garis lurus. Kemudian pasang voltmeter antara elektroda utama dengan elektroda P, sambungkan amperemeter menuju sumber daya AC kemudian ke elektroda C, kemudian baca nilai masing-masing voltmeter dan amperemeter maka besarnya tahanan kutub pentanahan adalah $R = \frac{V}{I}$.