



---

---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Pentanahan<sup>1</sup>

Sistem pentanahan 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 instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.

Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan – persyaratan sebagai berikut:<sup>2</sup>

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

Tujuan utama dari sistem 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.

---

<sup>1</sup> Prih Sumardjati, dkk, 2005, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan), halaman 159

<sup>2</sup> Jumari, dkk, *Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Rayon Medan Helvetia*, Jurnal Teknik Elektro Vol. VIII, No. 2, Universitas Darma Agung, 2019



Adapun tujuan sistem pentanahan secara umum adalah sebagai berikut:<sup>1</sup>

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 ketika terjadi transient.
6. Mengalihkan energi RF liar dari peralatan – peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan computer.

Sedangkan, menurut IEEE Std 142<sup>TM</sup>-2007 4, tujuan sistem pentanahan adalah sebagai berikut:

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

### **2.3 Bagian – Bagian yang Ditanahkan<sup>3</sup>**

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan. Empat bagian dari instalasi tersebut adalah:

1. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.

---

<sup>1</sup> Prih Sumardjati, dkk, 2005, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan), halaman 159

<sup>3</sup> Supari Muslim, dkk, 2008, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan), halaman 135



2. Bagian pembuangan muatan listrik pada bagian bawah dari *Lightning Arrester*. Hal ini perlu agar *Lightning Arrester* dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah dengan lancar.
3. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai *Lightning Arrester*. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
4. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

#### 2.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Pentanahan<sup>1</sup>

Tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya – bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah. Hantaran netral harus diketanahkan di dekat sumber listrik atau transformator, pada saluran udara setiap 200 m dan di setiap konsumen. Tahanan pentanahan satu elektroda di dekat sumber listrik, transformator atau jaringan saluran udara dengan jarak 200 m maksimum adalah 10 Ohm dan tahanan pentanahan dalam suatu sistem tidak boleh lebih dari 5 Ohm.

Seperti yang telah disampaikan di atas bahwa tahanan pentanahan diharapkan dapat bisa sekecil mungkin. Namun dalam prakteknya tidak selalu mudah untuk mendapatkannya karena banyak faktor yang mempengaruhi.

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.

<sup>1</sup> Prih Sumardjati, dkk, 2005, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan), halaman 167



**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**, tanah gembur, berpasir, berbatu, dan lain – lain; **moisture 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; dan **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.

## 2.5 Komponen Sistem Pentanahan

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

### 2.5.1 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<sup>2</sup>. Selain faktor diatas 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.

### 2.5.2 Elektroda Pentanahan<sup>1</sup>

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan agar diperoleh pelaluan arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah. Elektroda yang digunakan pada pengukuran tahanan tanah ada 3 macam:

#### 1. Elektroda Batang (*Rod*)

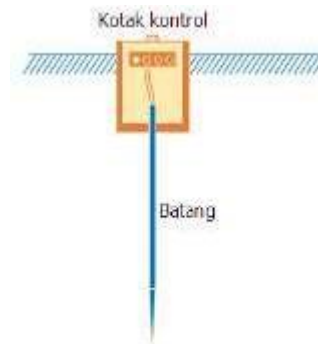
Elektroda batang ialah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori – teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu induk – gardu induk. Secara teknis, elektroda batang

---

<sup>1</sup> Prih Sumardjati, dkk, 2005, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan), halaman 168



ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. Disamping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas.



Gambar 2.1 Elektroda Batang

Contoh rumus tahanan pentanahan untuk elektroda batang tunggal:

$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[ \ln \left( \frac{4L_R}{a_R} \right) - 1 \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana:

$R_G$  = Tahanan pentanahan (Ohm)

$R_R$  = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

$L_R$  = Panjang elektroda (meter)

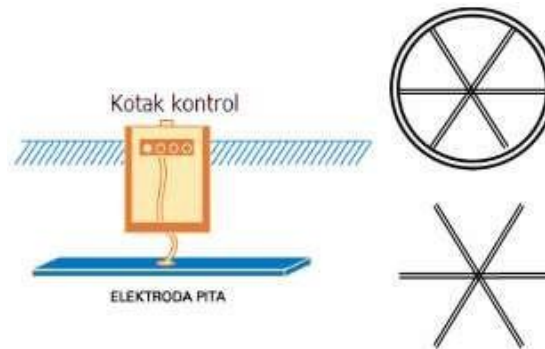
$a_R$  = Jari - jari elektroda (meter)

## 2. Elektroda Pita

Elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Kalau pada elektroda jenis batang, pada umumnya ditanam secara dalam. Pemasangan ini akan bermasalah apabila mendapat lapisan-lapisan tanah yang berbatu, disamping sulit pemasangannya, untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Ternyata sebagai pengganti pemasangan secara vertikal ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horizontal) dan dangkal. Disamping kesederhanaannya itu, ternyata tahanan pentanahan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi



elektrodanya, seperti dalam bentuk melingkar, radial atau kombinasi antar keduanya.



Gambar 2.2 Elektroda Pita

Contoh rumus perhitungan tahanan pentanahan:

$$R_G = R_W = \frac{\rho}{\pi L_W} \left[ \ln \left( \frac{2L_W}{\sqrt{d_W z_W}} \right) + \frac{1,4L_W}{\sqrt{A_W}} - 5,6 \right] \dots \dots \dots (2.2)$$

Di mana:

$R_W$  = Tahanan dengan kisi – kisi (grid) kawat (Ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

$L_W$  = Panjang total grid kawat (m)

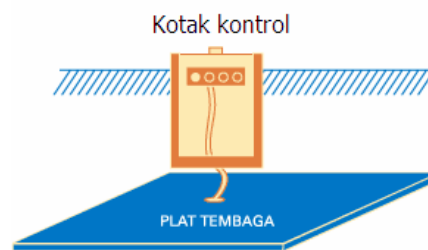
$d_W$  = diameter kawat (m)

$Z_W$  = kedalaman penanam (m)

$A_W$  = luasan yang dicakup oleh grid ( $m^2$ )

### 3. 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 pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis – jenis elektroda lain.



Gambar 2.3 Elektroda Pelat

Contoh rumus perhitungan tahanan pentanahan elektroda pelat tunggal:

$$R_G = R_P = \frac{\rho}{2\pi L_P} \left[ \ln \left( \frac{8W_P}{0.5W_P + T_P} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana:

$R_P$  = Tahanan pentanahan pelat (Ohm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

$L_P$  = Panjang pelat (m)

$W_P$  = Lebar pelat (m)

$T_P$  = Tebal pelat (m)

#### 4. Jenis Elektroda Lain<sup>4</sup>

Bila persyaratan dipenuhi, jaringan pipa air minum dari logam dan selubung logam kabel yang tidak diisolasi yang langsung ditanam dalam tanah, besi tulang beton atau konstruksi baja bawah tanah lainnya boleh dipakai sebagai elektrode bumi.

#### 2.6 Tahanan Pentanahan Elektroda Batang<sup>5</sup>

##### 2.6.1 Tahanan Satu Buah Elektroda

Elektroda batang merupakan bahan penghantar yang membawa muatan listrik yang terdistribusi atau menyebar disekitar elektroda batang. Menurut Prof. H. B.

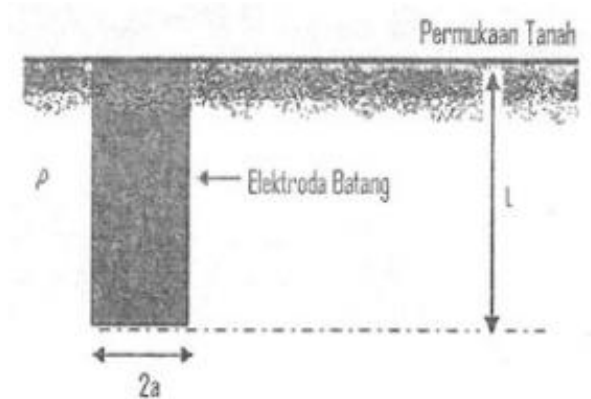
<sup>4</sup> Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, halaman 80

<sup>5</sup> Dedi Nugroho, 2006, *Konfigurasi Elektroda Batang pada Sistem Pentanahan*, (Semarang:Pusat Kajian Teknologi Industri Sultan Agung), hal. 10.





Dwight dari *Massachutes Technologie Institute*, satu buah elektroda tegak dipasang tegak lurus.



Gambar 2.4 Satu Elektroda Batang Ditanam Tegak Lurus

Tahanan pentanahan dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} (\ln \frac{4L}{a} - 1) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan

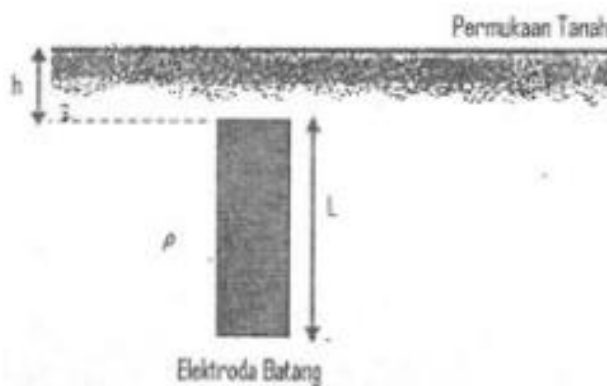
L = Panjang elektroda batang (meter)

a = Jari – jari elektroda batang (m)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah (ohm meter)

Jika elektroda tersebut ditanam beberapa cm dari permukaan tanah seperti terlihat pada gambar berikut, maka tahanan pentanahan adalah.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} (\ln \frac{2L}{a} - 1) \dots \dots \dots (2.5)$$



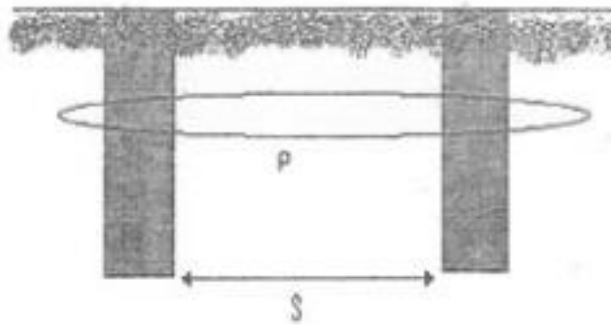
Gambar 2.5 Elektroda Batang Ditanam Beberapa cm Dibawah Permukaan Tanah



Elektroda untuk sistem sampai 20 KV umumnya menggunakan ukuran batas minimum yang diperkenankan, dengan diameter 20 mm, atau pipa bergaris tengah 25 mm sepanjang 3m yang ditanam dikedalaman 0,5-0,75 cm dibawah permukaan tanah.

### 2.6.2 Tahanan Dua Elektroda Ditanam Sejajar

Jika dua buah elektroda batang ditanam sejajar di dalam tanah dengan jarak antar elektroda  $S$ , maka tahanan pentanahan dapat dihitung melalui persamaan – persamaan di bawah ini.



Gambar 2.6 Dua Elektroda Ditanam Sejajar Dalam Tanah

Misalkan  $R_1$  adalah tahanan pentanahan dari satu buah elektroda tunggal yang ditanam tegak lurus dalam tanah, dimana besar  $R_1$  sesuai dengan persamaan 3, maka hubungan antar tahanan pentanahan ekivalen dari dua elektroda dan tahanan pentanahan satu elektroda adalah sebagai berikut:

$$\frac{R_{ek}}{R_1} = \frac{1+X}{2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan

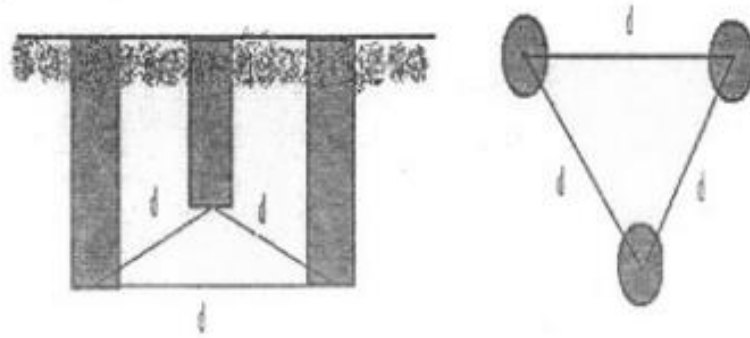
$$x = \left( \frac{L}{\ln \frac{48a}{L} - 1} \right) / d \dots \dots \dots (2.7)$$

### 2.6.3 Tahanan Tiga Elektroda Batang Ditanam Sejajar Berbentuk Segitiga

Jika tiga buah elektroda ditanam sejajar dalam permukaan tanah membentuk susunan geometris segitiga sama sisi dengan panjang sisi  $d$ , maka tahanan pentanahan dapat ditentukan sebagai berikut:



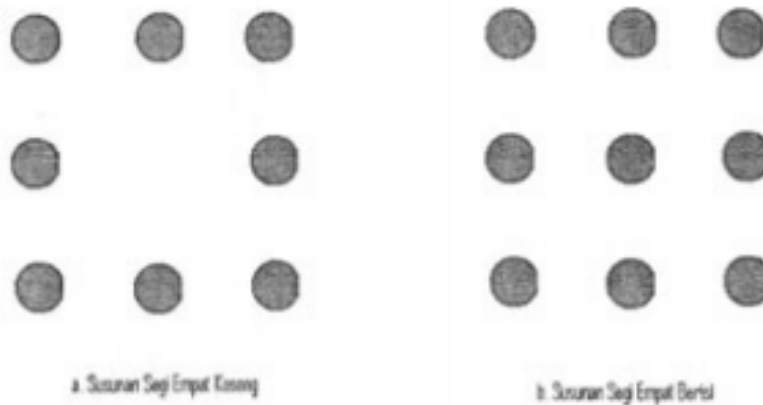
$$\frac{R_{ek}}{R_1} = \frac{1+2X}{3} \dots\dots\dots(2.8)$$



Gambar 2.7 Susunan 3 Buah Elektroda Berbentuk Segitiga Sama Sisi

**2.6.4 Tahanan Multi Elektroda Batang Ditanam dalam Tanah Berbentuk Segi Empat**

Sejumlah elektroda batang disusun membentuk susunan geometris segi empat kosong atau segi empat berisi terlihat dalam Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.8 Multi Elektroda Ditanam dalam Tanah dengan Bentuk Empat Persegi

Pada gambar 6a memperlihatkan susunan elektroda batang membentuk segi empat kosong dengan jumlah total elektroda 8 buah dengan jumlah pada masing – masing sisi segi empat adalah 3 buah, sementara pada gambar 6b memperlihatkan susunan elektroda batang membentuk segitiga berisi dengan jumlah total elektroda



batang 9 buah dan masing – masing sisi segi empat berjumlah 3 buah. Jika jumlah elektroda N, maka berlaku hubungan.

$$\frac{Rek}{R1} = \frac{1+kX}{N} \dots\dots\dots(2.9)$$

Harga  $k$  untuk berbagai jumlah elektroda ditunjukkan dalam tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2.1 Harga Konstanta K Untuk Susunan Segi Empat Kosong

Jumlah Elektroda Sepanjang Sisi Segi Empat	Jumlah Total Elektroda Batang	Harga K
2	4	2,7071
3	8	4,2583
4	12	5,3939
5	16	6,0072
6	20	6,4633
7	24	6,8363
8	28	7,1479
9	32	7,4195
10	36	7,6551

Tabel 2.2 Harga Konstanta K untuk Susunan Segi Empat Berisi

Jumlah Elektroda Sepanjang Sisi Segi Empat	Jumlah Total Elektroda Batang	Harga K
3	9	5,8917
4	16	8,5545
5	25	11,4371



Jumlah Elektroda Sepanjang Sisi Segi Empat	Jumlah Total Elektroda Batang	Harga K
6	36	14,0650
7	49	16,8933
8	64	19,5003
9	81	22,3069
10	100	24,9587

## 2.7 Tahanan Jenis Tanah<sup>6</sup>

Faktor keseimbangan antara tahanan pentanahan dan kapasitansi disekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan  $\rho$ . Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu:

1. Jenis tanah : tanah liat, berbatu, dan lain – lain.
2. Lapisan tanah : berlapis – lapis dengan tahanan jenis berlainan atau *uniform*.
3. Kelembaban tanah.
4. Temperatur

Untuk mengubah komposisi kimia tanah dapat dilakukan dengan memberikan garam pada tanah dekat elektroda pentanahan dengan maksud mendapatkan tahanan jenis tanah yang rendah. Cara ini hanya baik untuk sementara sebab penggaram harus dilakukan secara periodik, sedikitnya 6 bulan sekali.

Harga tahanan jenis tanah pada kedalaman yang terbatas sangatlah tergantung dengan keadaan cuaca. Untuk mendapatkan tahanan jenis tanah rata – rata, maka diperlukan suatu perencanaan dengan penyelidikan atau pengukuran dalam jangka

<sup>6</sup> Aslimeri, dkk, 2008, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 2* (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan). Halaman 262



waktu yang tertentu misalnya selama 1 (satu) tahun. Biasanya tahanan jenis tanah juga tergantung dari tingginya permukaan air yang konstan.

Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pentanahan dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pentanahan mencapai kedalaman di mana terdapat air yang konstan.

Penanaman memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi, harga tahanan jenis tanah harus diambil pada keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin. Untuk melihat gambaran besarnya tahanan jenis tanah untuk bermacam – macam jenis tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Tahanan Jenis Tanah<sup>4</sup>

Jenis Tanah	Tahanan Jenis (Ohm-m)
Sawah, Rawa	30
Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

## 2.8 Tahanan Pentanahan<sup>4</sup>

Tahanan pentanahan dan elektroda bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektroda. Resistans pembumian suatu elektrode harus dapat diukur. Untuk keperluan tersebut penghantar yang menghubungkan elektroda bumi atau susunan elektroda bumi harus dilengkapi dengan hubungan yang dapat dilepaskan. Tabel 2.4 menunjukkan nilai rata – rata

<sup>4</sup> Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, halaman 80

<sup>4</sup> Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, halaman 81



resistans elektrode bumi untuk ukuran minimum elektrode bumi seperti pada tabel 2.5.

Tabel 2.4 Resistans Pembumian Pada Resistans Jenis

$$\rho_1 = 100 \text{ Ohm-meter}$$

Jenis elektroda	Pita atau penghantar pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas $\pm$ 1 m dibawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran ( $m^2$ )	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0.5 x 1	1 x 1
Resistansi pembumian (Ohm)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

**Keterangan :**

Untuk resistansi jenis yang lain ( $\rho$ ), maka besar resistans pembumian adalah perkalian nilai diatas dengan.

$$\frac{\rho}{\rho_1} \text{ atau } \frac{\rho}{100}$$

Contoh :

Untuk mencapai resistans jenis pembumian sebesar 5 Ohm pada tanah liat atau tanah ladang dengan resistans jenis 100 Ohm-meter diperlukan sebuah elektrode pita yang panjangnya 50 meter atau empat buah elektrode batang yang panjangnya masing – masing 5 meter. Jarak antara elektrode – elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya.

Pada pasir basha yang resistans jenisnya 200 Ohm-meter, sebuah elektrode pita sepanjang 100 meter, menghasilkan resistans pembumian 6 Ohm.



## 2.9 Bahan dan Ukuran Elektroda<sup>4</sup>

Sebagai bahan elektrode digunakan tembaga, atau baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi tempat tidak mengharuskan memakai bahan lain (misalnya pada perusahaan kimia). Ukuran minimum elektrode dapat dipilih menurut tabel 2.4 dengan memperhatikan pengaruh korosi dan KHA. Jika elektroda pita hanya digunakan untuk mengatur gradient tegangan, luas penampang minimum pada baja digalvanisasi atau berlapis tembaga harus  $16 \text{ mm}^2$  dan pada tembaga  $10 \text{ mm}^2$ . Logam ringan hanya boleh ditanam dalam suatu jenis tanah jika lebih tahan korosi daripada baja atau tembaga.

Tabel 2.5 Ukuran Minimum Elektrode Bumi

No.	Bahan jenis elektrode	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1.	Elektrode pita	Pita baja $100 \text{ mm}^2$ setebal minum 3 mm		Pita tembaga $50 \text{ mm}^2$ tebal minimum 2 mm
		Penghantar pilin $95 \text{ mm}^2$ (bukan kawat halus)		Penghantar pilin $35 \text{ mm}^2$ (bukan kawat halus)

<sup>4</sup> Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, halaman 81





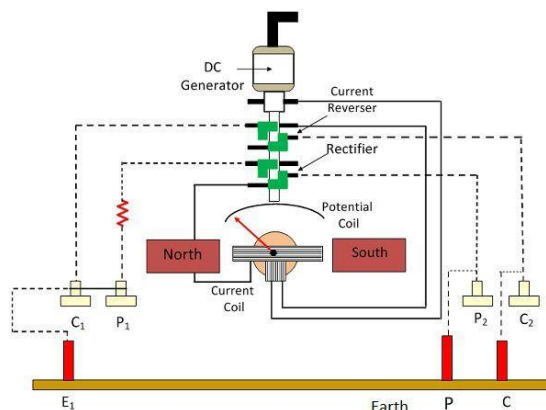
No.	Bahan jenis elektrode	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
2.	Elektrode batang	-Pipa baja 25 mm -Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 -Batang profil lain yang setaraf	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 $\mu\text{m}$	
3.	Elektroda pelat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 $\text{mm}^2$ sampai 1 $\text{mm}^2$		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 $\text{m}^2$ sampai 1 $\text{m}^2$

### 2.10 Pegujian Tahanan Pentanahan

Seperti yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, betapa penting sistem pentanahan baik dalam sistem tenaga listrik AC maupun dalam pentanahan peralatan untuk menghindari sengatan listrik bagi manusia, rusaknya peralatan dan terganggunya pelayanan sistem akibat gangguan tanah. Untuk menjamin sistem pentanahan memenuhi persyaratan perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini sebenarnya adalah pengukuran tahanan elektroda pentanahan yang dilakukan setelah dilakukan pemasangan elektroda atau setelah perbaikan atau secara periodic setiap tahun sekali. Hal ini harus dilakukan untuk memastikan tahanan pentanahan yang ada karena berkerjanya sistem pengamanan arus lebih akan ditentukan oleh tahanan pentanahan ini.



Pada saat ini telah banyak beredar di pasaran alat ukur tahanan pentanahan yang biasa disebut *Earth Tester* atau *Ground Tester*. Alat ini memiliki beberapa fungsi sampai dengan banyak fungsi dan kompleks. Penunjukan alat ukur ini ada yang analog maupun digital. Berikut merupakan diagram cara kerja dari *Earth Tester*



Gambar 2.9 Diagram Kerja *Earth Tester*

*Earth Tester* memiliki dua bagian utama yaitu, *rotational current reverse* (pembalikan arus rotasi) dan *rectifier*. Kedua bagian ini dipasang pada poros generator DC. Alat ini memiliki dua komutator yang ditempatkan bersama dengan pembalik dan penyearah. Setiap komutator memiliki 4 buah sikat tetap. Komutator merupakan alat yang berfungsi untuk merubah arah arus. Ini terhubung seri dengan armature generator. Dan sikatnya berfungsi untuk memindahkan daya dari bagian yang tak dapat bergerak ke bagian yang bergerak. Susunan sikat diatur sedemikian rupa sehingga mereka terhubung secara bergantian dengan salah satu segmen bahkan setelah rotasi komutator. Sikat dan komutator selalu terhubung satu sama lain.

*Earth Tester* terdiri atas 2 buah *pressure* dan *current coils*. Tiap coil ini memiliki 2 buah terminal. Pasangan *pressure coil* dan *current coil* ditempatkan melintasi magnet permanen. Sepasang dari *pressure* dan *current coil* tersebut di hubung singkat, dan dihubungkan ke elektroda utama. Sedangkan, *pressure coil* yang lainnya dihubungkan ke *rectifier* dan elektroda bantu. Demikian pula, *current coil* juga dihubungkan dengan *rectifier* dan elektroda bantu.

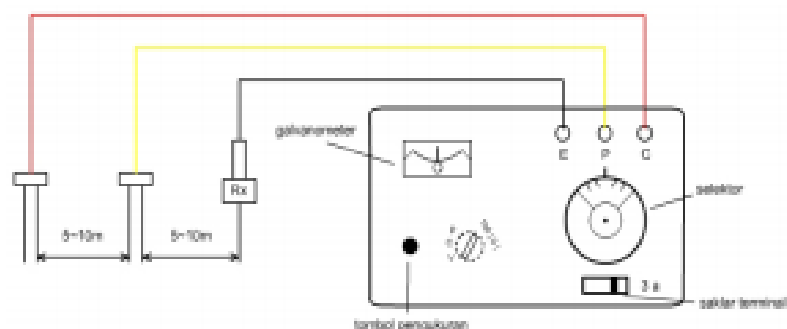


*Earth Tester* memiliki kumparan tegangan yang mana terhubung secara langsung ke generator DC. Kumparan tegangan ini terletak diantara magnet permanen. Kumparan terhubung ke penunjuk dan penunjuk dipasang pada skala yang dikalibrasi. Penunjuk menunjukkan besarnya hambatan bumi. Defleksi penunjuk tergantung pada rasio dari tegangan *pressure coil* terhadap arus dari *current coil*.

Terdapat dua cara dalam pengukuran tahanan pentanahan, diantaranya adalah sebagai berikut.<sup>1</sup>

### 2.10.1 Pengukuran Normal (Metode 3 Kutub)

1. Cek tegangan baterai! (*Range* saklar : BATT, aktifkan saklar / ON). Jarum harus dalam *range* BATT.
2. Cek tegangan pentanahan (*Range* saklar : ~ v, matikan saklar / OFF)
3. Cek tahanan pentanahan bantu (*Range* saklar : C & P, matikan saklar / OFF). Jarum harus dalam *range* P/C (lebih baik posisi jarum berada saklar 0).
4. Ukurlah tahanan pentanahan (*Range* saklar :  $\times 1\Omega$  ke  $\times 100\Omega$ ) dengan menekan tombol pengukuran dan memutar selektor, hingga diperoleh jarum pada galvanometer seimbang / menunjuk angka nol, hasil pengukuran adalah yang ditunjukkan pada selektor dikalikan dengan posisi *range* saklar ( $\times 1\Omega$ ) atau ( $\times 100\Omega$ ).



Gambar 2.10 Pengukuran Metode 3 Kutub

<sup>1</sup> Prih Sumardjati, dkk, 2005, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid I*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan), halaman 174



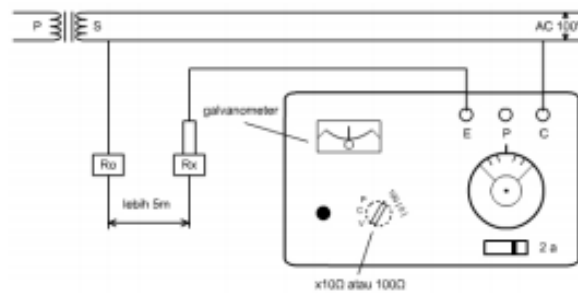
### 2.10.2 Pengukuran Praktik (Metode 2 Kutub)

Langkah awal adalah memposisikan saklar terminal pada 2a. Jika jalur pentanahan digunakan sebagai titik referensi pengukuran bersama, maka semua sambungan yang terhubung dengan pentanahan itu selalu terhubung dengan tanah. Jika terjadi bunyi bip, maka putuskan dan cek lagi.

1. Cek tegangan baterai dan cek tegangan pentanahan.

Caranya hampir sama dengan metoda pengukuran normal, hanya pengecekan tekanan tahanan bantu tidak diperlukan.

2. Ukurlah tahanan pentanahan (Range saklar :  $\times 10 \Omega$  atau  $\times 100 \Omega$ ). Hasil pengukuran =  $R_x + R_o$



Gambar 2.11 Pengukuran Metode 2 Kutub