

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen.



**Gambar 2.1** Jaringan Disrtibusi

Jadi fungsi distribusi listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 KV sampai 24 KV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 KV, 154 KV, 220 KV atau 500 KV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan adalah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir.



Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 KV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.

## 2.2. Gardu Distribusi<sup>[6]</sup>

<sup>[6]</sup>Gardu Distribusi tegangan Listrik yang Paling di kenal adalah sebuah bangunan Gardu Listrik yang berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah ( PHB-TM ), Transformator Distribusi, dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah ( PHBTR ) Untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan tegangan menengah ( TM 20 KV ) maupun Tegangan rendah ( TR 220/380 Volt ).

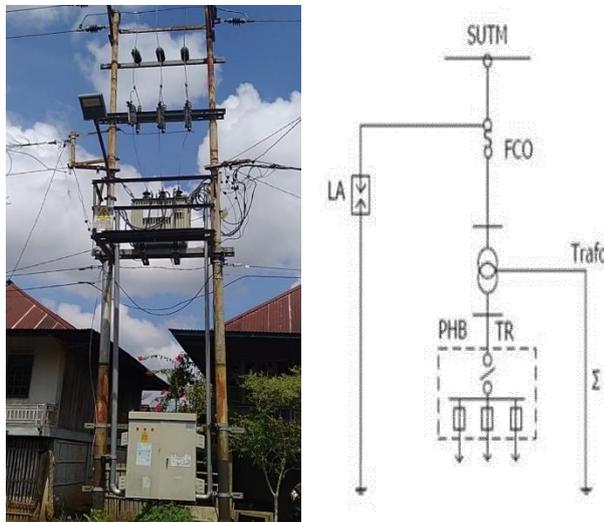


**Gambar 2.2** Tranformator Distribusi

Dalam Gardu Distribusi ini Biasanya digunakan Transformator distribusi yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan



distribusi tegangan tinggi menjadi tegangan terpakai pada jaringan distribusi tegangan rendah (step down transformator); misalkan tegangan 20 KV menjadi tegangan 380 volt atau 220 volt. Sedang transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan listrik (step up transformator), hanya digunakan pada pusat pembangkit tenaga listrik agar tegangan yang didistribusikan pada suatu jaringan panjang (long line) tidak mengalami penurunan tegangan (voltage drop) yang berarti; yaitu tidak melebihi ketentuan voltage drop yang diperkenankan 5% dari tegangan semula.



**Gambar 2.3** Gardu Distribusi dan Diagram Satu Garis

### 2.2.1 Jenis-Jenis Gardu Distribusi

#### 1. Gardu Beton

Gardu beton merupakan Gardu yang seluruh komponen utama instalasinya seperti Transformator dan Peralatan Proteksi terangkai di dalam sebuah bangunan sipil yang di rancang di bangun dan di fungsikan dengan kontruksi pasangan Batu Dan Beton. Kontruksi Bangunan Gardu ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan terbaik bagi sistem keamanan Ketenagalistrikan.



**Gambar 2.4** Gardu Beton

## 2. Gardu Distribusi Kios/Metal

Gardu kios/metal merupakan gardu yang bangunan keseluruhannya terbuat dari plat besi dengan konstruksi seperti kios. Ukuran gardu 3 x 4 m, Peralatannya sama dengan gardu beton. Selain untuk pemasangan tetap, gardu kios juga digunakan untuk keperluan sementara/darurat (bersifat mobile/bergerak).



**Gambar 2.5** Gardu Kios/Metal



### 3. Gardu Distribusi Portal

Distribusi portal merupakan salah satu dari Jenis Kontruksi Gardu Tiang, Yaitu Gardu Distribusi Tenaga Listrik Tipe Terbuka (*Out-door*), dengan memakai kontruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan Transformator sekurang kurangnya 3 meter di atas permukaan tanah. Dengan sistem proteksi di bagian atas dan Papan Hubung Bagi Tegangan di bagian bawah untuk memudahkan kerja teknis dan pemeliharaan.



**Gambar 2.6** Gardu Portal

### 4. Gardu Cantol

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya  $\leq 100$  kVA Fase 3 atau Fase 1. Transformator terpasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.

Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA (*Lightning Arrester*) dipasang terpisah dengan penghantar pembumiannya yang dihubung langsung dengan badan transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian



Konduktif Ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Rendah.



**Gambar 2.7** Gardu Cantol

### **2.2.2 Komponen Gardu Distribusi**

#### **1. Komponen Utama Bagian Atas Gardu.**

- a. *Lightning Arrester* ( LA )
- b. *Fused Cut Out* ( FCO atau CO )
- c. Wiring Gardu atau Pengawatan Gardu.
- d. Tiang
- e. Trafo Distribusi ( 315 KVA )
- f. Rangka Gardu
- g. Pipa Jurusan



## 2. Komponen Utama Bagian Bawah Gardu

- a. Saklar Utama.
- b. Rel Tembaga atau Rel Jurusan
- c. NH-Fuse jurusan.
- d. Kabel Naik atau Kabel Jurusan ( bisa berupa NYY atau NYFGBY ) dengan ukuran sesuai dengan kebutuhan.
- e. Kabel Turun ( Kabel penghubung dari Trafo ke PHB-TR ) dengan ukuran disesuaikan dengan kebutuhan dan Trafo Distribusi yang terpasang.



**Gambar 2.8** Rangkaian Komponen Dalam Gardu

### 2.3. Sistem Tahanan Pentanahan<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>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 sistem pelayanannya sendiri.

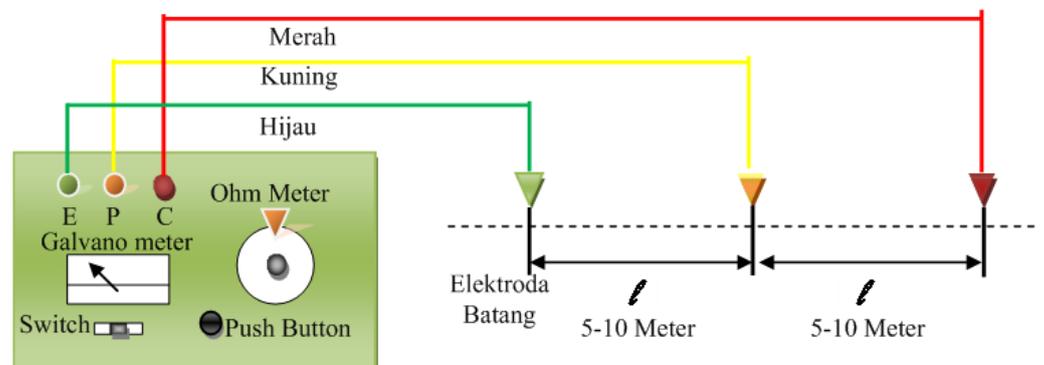


Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/ tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal.

Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik. Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, kontrol di mana diterapkan komunikasi data secara intensif dan sangat peka terhadap interferensi gelombang elektromagnet dari luar. Pentanahan di sini lebih dititikberatkan pada keterjaminan sinyal dan pemrosesannya.

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

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 transien.
6. Mengalihkan energi RF liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan komputer.



**Gambar 2.9** Rangkaian Pentanahan



Nilai pentanahan tiang harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tiang yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran. Batasan nilai pentanahan sesuai PUIL 2000: 68 adalah maksimal sebesar 5 Ohm.

#### 2.4. Tahanan Pembumian<sup>[3]</sup>

<sup>[3]</sup>Tahanan pembumian dari elektrode bumi, tergantung pada jeni tanah dan keadaan tanah serta ukuran dan susunan elektrode.

Dari Tabel Tahanan Pembumian pada tahanan jenis ( $\rho - 1$ ) = 100 ohm-meter dibawah ini, menunjukkan nilai rata-rata tahanan electrode bumi, untuk panjang tertentu.

**Tabel 2.1** Nitai Rata-Rata Tahanan Elektrode Bumi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis Elektroda	Pita atau pengahantar pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas $\pm 1$ m dibawah permukaan tanah	
	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

Untuk tahanan jenis pembumian yang lain ( $\rho$ ) maka besar tahanan pembumiannya merupakan perkalian nilai dalam tabel dengan:

$$\text{Rho}/\rho - 1 \text{ atau } \text{Rho}/100$$



## **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**

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



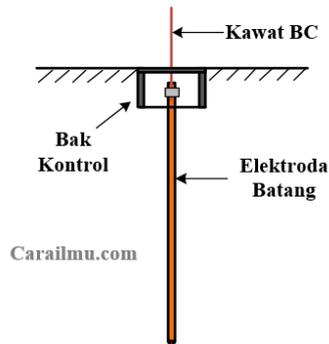
elektroda pita, logam, batang konduktor, pipa air minum dari tulang besi beton pada tiang pancang. Untuk mendapatkan harga resistansi pentanahan yang serendah mungkin harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

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

Pada umumnya elektroda - elektroda pentanahan ditanam sejajar satu sama lainnya untuk kedalaman beberapa puluh sentimeter didalam tanah. Untuk itu 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 dibawah ini menunjukkan contoh dari elektroda batang.



**Gambar 2.10** Elektroda Batang

Rumus tahanan pentanahan elektroda batang tunggal:

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

Dimana:

R = Tahanan pentanahan untuk elektroda batang (ohm)

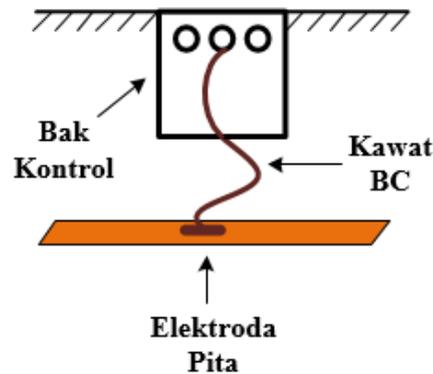
$\rho$  = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)

L = Panjang elektroda (m)

a = 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. Pemancangannya 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. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh dari elektroda pita.



**Gambar 2.11** Elektroda Pita

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda pita adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left( \ln \frac{2L}{\sqrt{dZ}} + \frac{1.4L}{\sqrt{A}} - 5,6 \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$R$  = Tahanan pentanahan elektroda pita (ohm)

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

$L$  = Panjang elektroda pita (m)

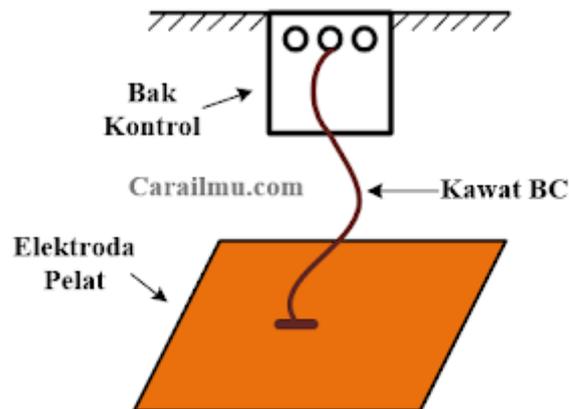
$d$  = Diameter kawat (m)

$A$  = Luasan yang dicakup oleh grid (m<sup>2</sup>)

$Z$  = Kedalaman penanaman (m)

### 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 dibawah ini.



**Gambar 2.12** Elektroda Plat

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda pita adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

R = Tahanan pentanahan elektrodapelat (ohm)

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

L = Panjang elektroda pelat (m)

W = Lebar pelat (m)

T = Tebal pelat (m)

## 2.6 Sistem - Sistem yang diketanahkan<sup>[7]</sup>

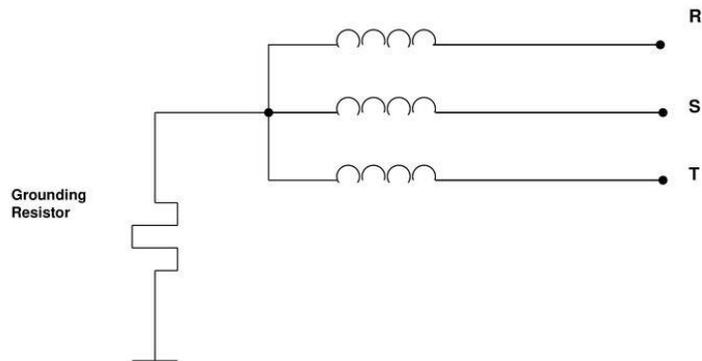
<sup>[7]</sup>Sistem – sistem yang diketanahkan adalah pentanahan dan titik netral yang merupakan bagian dari jaringan listrik, misalnya titik netral transformator atau titik hantar tegangan atau hantaran netral. Jenis-jenis sistem pentanahan yang diketanahkan antara lain:

### 2.6.1 Titik Netral Ditanahkan Melalui Tahanan

Dalam Pentanahan ini harga tahanan mempunyai harga ohm yang tinggi dibandingkan dengan reaktansi sistem sehingga arus *line to ground fault* dibatasi oleh resistor tersebut. Dalam transmisi tegangan tinggi atau sistem kabel, arus kapasitif yang terjadi adalah kecil dibandingkan dengan arus resistif dan dapat diabaikan.



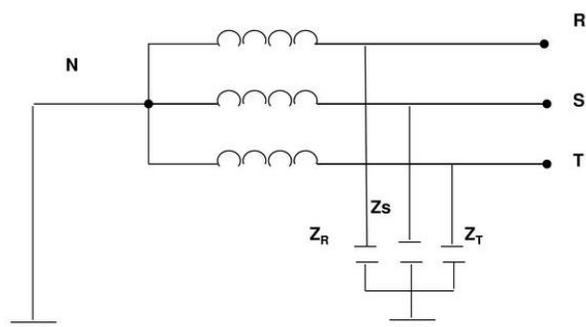
Tetapi apabila terjadi *line to ground fault* terjadi kerugian tenaga yang besar pada resistor. Besarnya nilai ohm dari grounding resistor tergantung pada besarnya tegangan sistem dan kapasitas sistem



**Gambar 2.13** Pentanahan Titik Netral Melalui Tahanan

### 2.6.2 Titik Netral Ditanahkan Langsung (*Solid Grounding*)

Pentanahan ini ialah apabila titik netral dari trafo kita hubungkan langsung ke tanah. Sistem ini apabila terjadi gangguan kawat tanah akan mengakibatkan terganggunya kawat (*line outage*) dan gangguan ini harus diisolasi dengan membuka pemutus daya. Salah satu tujuan untuk mentanahkan titik netral secara langsung adalah untuk membatasi kenaikan tegangan dari fasa – fasa yang tidak terganggu, bila terjadi gangguan kawat tanah.



**Gambar 2.14** Pentanahan Titik Netral Langsung



### 2.6.3 Sistem Tahanan Peralatan

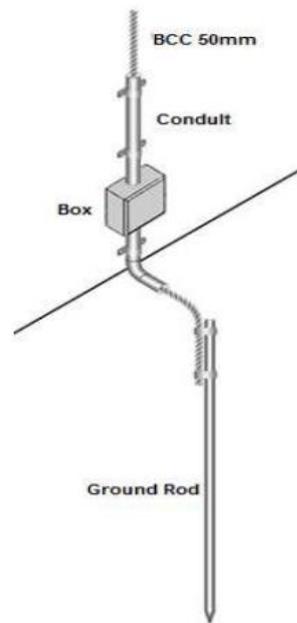
Sistem pentanahan pada peralatan yaitu penghubungan antara bagian – bagian peralatan listrik yang pada keadaan normal tidak dialiri arus. Tujuannya adalah untuk membatasi tegangan antara bagian – bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian – bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi normal maupun saat terjadi gangguan.

Sistem pentanahan pada peralatan pada umumnya menggunakan dua macam sistem pembumian yaitu sistem *grid* dan sistem *rod*. Sistem pentanahan *grid* ialah menanamkan batang – batang elektroda sejajar dengan permukaan tanah hal ini merupakan usaha untuk meratakan tegangan yang timbul. Sedangkan sistem *rod* ialah menanamkan batang – batang elektroda tegak lurus kedalam tanah, hal ini berfungsi untuk mengurangi tahanan pentanahan.

Adapun penjelasan dari sistem rod dan sistem grid adalah sebagai berikut :

1. Sistem Pentanahan *Rod*

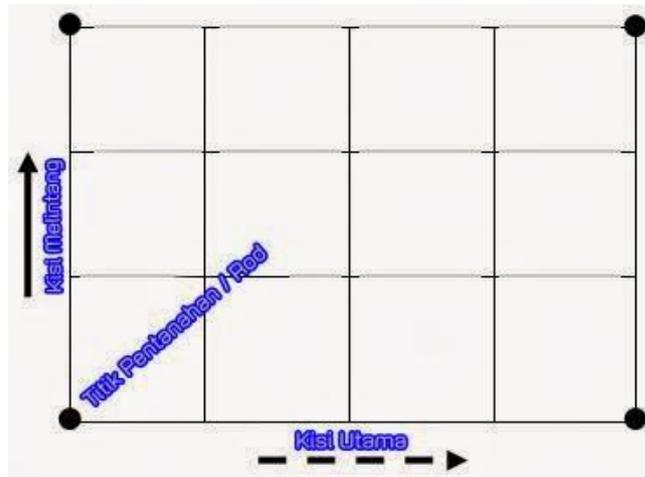
Pentanahan sistem ini adalah sama dengan *driven ground* yang digunakan pada menara transmisi. Untuk memperoleh harga tahanan yang lebih kecil maka dapat digunakan batang - batang elektroda yang lebih banyak yang ditanam paralel tegak lurus permukaan tanah. Makin pendek jarak antara elektroda dan makin banyak jumlah elektroda yang ditanam, maka makin kecil konduksitasnya.



**Gambar 2.15** Sistem Pentanahan *Rod*

2. Sistem Pentanahan *Grid*

Pentanahan ini mula - mula dimaksudkan untuk mengatasi perbedaan tegangan dipermukaan tanah apabila terjadi gangguan. Tetapi dari hasil penelitian, terbukti bentuk ini juga dapat digunakan sebagai pentanahan utama, malahan mempunyai beberapa kelebihan dari pentanahan sistem lama. Caranya ialah dengan menanam batang elektroda sejajar dengan tanah. Untuk mengecilkan tahanan pentanahan pada suatu area tertentu, kita tidak dapat dengan terus menerus menambah batang elektroda pentanahan, hal ini karena volume tanah terbatas kemampuannya untuk menerima arus.



**Gambar 2.16** Sistem Pentanahan *Grid*

#### 2.6.4 Sistem Pentanahan *Arrester*

Karena penting fungsi arrester dalam sistem koordinasi isolasi pada instalasi tenaga listrik, maka pemasangan alat ini harus betul-betul memenuhi persyaratan teknis. Karena fungsi arrester ialah mengalirkan arus lebih ke tanah apabila terjadi gangguan petir maupun over voltage, maka sistem pentanahannya harus memenuhi standar yang ditentukan. Dalam praktek kebanyakan arrester dilakukan dengan pentanahan lokal, yaitu rods yang dimasukkan ke tanah dekat dengan arrester. Selanjutnya dari terminal pentanahan arrester kita hubungkan ke rods dengan menggunakan konduktor. Untuk sistem yang digunakan pada gardu Induk yang bersangkutan, besarnya tahanan pentanahan untuk arrester harus dibuat sekecil mungkin dan harganya dibatasi di bawah  $5 \Omega$ . Pemilihan kawat pentanahan harus memenuhi persyaratan dan menurut *National Electric code*, besarnya kawat tanah tidak boleh lebih kecil dari No. 6 AWG. Dan untuk sistem yang tegangannya lebih besar harus memakai kawat yang lebih besar.



## 2.7 Tahanan Jenis Tanah<sup>[4]</sup>

<sup>[4]</sup>Faktor keseimbangan antara tahanan pentanahan dan kapasitansi disekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan  $\rho$  (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.

Tahanan jenis tanah bervariasi dari 500 sampai 50.000 Ohm per  $\text{cm}^3$ . Kadang - kadang harga ini dinyatakan dengan harga Ohm per cm.

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

Dengan memberi air atau membasahi tanah juga mengubah tahanan jenis tanah. Harga tahanan jenis tanah pada kedalaman yang terbatas sangatlah tergantung dengan keadaan cuaca. Untuk mendapatkan tahanan jenis tanah rata-rata, maka diperlukan suatu perencanaan maka diperlukan penyelidikan atau pengukuran dalam jangka 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, pembumian dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pembumian mencapai kedalaman dimana 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.



<sup>[2]</sup>Jenis Tanah menurut PUIL 2000 dibagi atas :

- a) Tanah Rawa
- b) Tanah Liat dan Tanah Ladang
- c) Pasir Basah
- d) Kerikil Basah
- e) Pasir dan Kerikil Kering
- f) Tanah Berbatu

<sup>[5]</sup>Untuk melihat gambaran mengenai besarnya tahanan jenis tanah untuk bermacam - macam jenis tanah dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

**Tabel 2.2** Tahanan Jenis Berbagai Macam Tanah

No	Jenis Tanah	Resistansi Jenis ( $\Omega$ -m)
1	Humus lembab atau rawa	30
2	Tanah pertanian, tanah liat	100
3	Tanah liat berpasir	150
4	Pasir lembab	300
5	Pasir kering	1000
6	Beton	400
7	Kerikil lembab	500
8	Kerikil kering	1000
9	Tanah berbatu	3000
10	Batu karang	$10^7$

## 2.8 Cara Mengukur Tahanan Jenis Tanah<sup>[4]</sup>

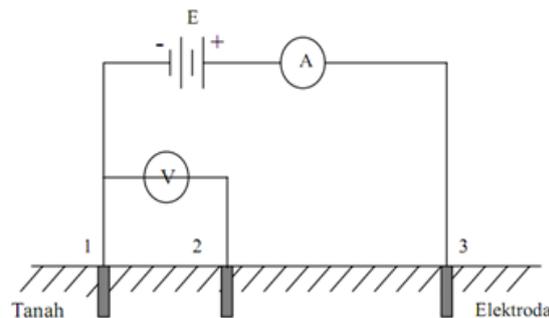
<sup>[4]</sup>Pengukuran tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara:

1. Metode tiga titik (*three-point methode*).
2. Metode empat titik (*four electrode methode*).



### 2.8.1 Metode Tiga Titik

Metode tiga titik (*three-point method*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pentanahan pembantu yang juga belum diketahui tahanannya, seperti pada gambar berikut:



**Gambar 2.17** Rangkaian Pengukuran Tahanan Jenis Tanah Dengan Metode 3 Titik

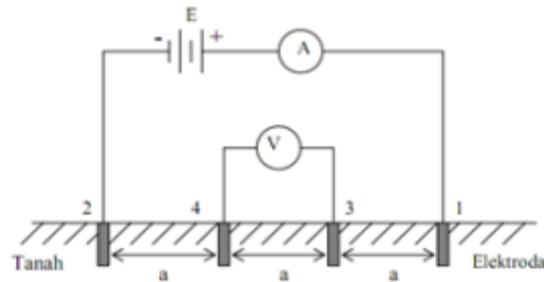
### 2.8.2 Metoda Empat Titik

Peralatan yang dibutuhkan:

- 4 kutub tanah pertolongan/batang besi
- 1 buah Amperemeter
- 1 buah Voltmeter sumberdaya AC

Cara penyambungan:

4 batang besi (sebut saja sebagai batang C1, P1, P2 dan C2) ditancapkan ke tanah dalam satu baris dengan jarak masing-masing  $a$  meter. Antara P1 dan P2 dipasang Volt meter, antara C1 dan C2 disambungkan dengan Ampere meter dan sumber daya AC 110/220 VAC.



**Gambar 2.18** Rangkaian pengukuran tahanan jenis tanah  
Dengan metode 4 titik

## 2.9 Tahanan Pentanahan

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 bisa sekecil mungkin. Namun dalam prakteknya tidaklah selalu mudah untuk mendapatkannya karena banyak faktor yang mempengaruhi tahanan pentanahan.

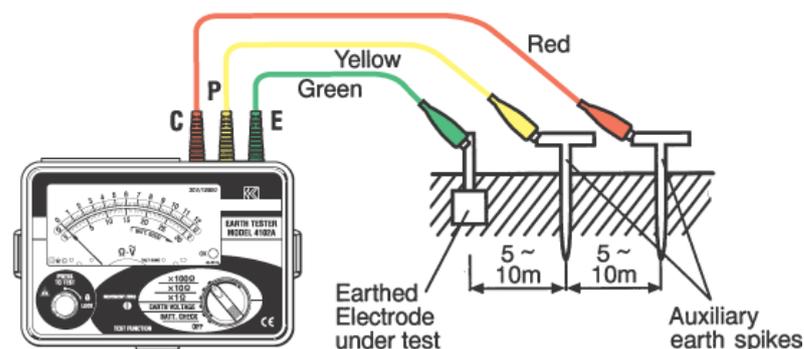
Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah:

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. Jenis tanah : tanah gembur, berpasir, berbatu, dan lainlain. moisture tanah: semakin tinggi kelembapan 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.

### 2.10 Cara Mengukur Tahanan Pentanahan dengan *Earth Taster*



**Gambar 2.19** Cara mengukur Tahanan dengan *Earth Taster*

1. Sediakan alat pengukur *grounding earth tester*
2. Tancapkan besi berbentuk T sebanyak 2 buah dengan jarak masing masing 5 meter



3. Sambungkan kabel test lead warna hijau ke kabel grounding dengan alat penjepit *earth tester*.
4. Sambungkan kabel *test lead* warna kuning ke besi T1 yang berjarak 5 meter dari *test lead* warna hijau
5. Sambungkan kabel *test lead* warna merah ke besi T2 yang berjarak 5 meter dari besi T1 atau sekitar 10 meter dari *test lead* warna hijau
6. Hidupkan *switch earth tester* dan pilih posisi *range selector* pada posisi 20 ohm atau 200 ohm.
7. Bila saudara melihat hasilnya di bawah 1 ohm berarti hasilnya bagus dan bila diatas 1 ohm hasilnya kurang bagus.