



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

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

Salah satu pengamanan yang paling baik terhadap peralatan listrik dari gangguan arus lebih ataupun hubungan singkat yaitu, dengan cara Pentanahan. Cara ini juga dapat melindungi manusia dari adanya bahaya-bahaya yang dapat memakan korban. Dengan menghubungkan bagian dari peralatan tersebut dengan sistem Pentanahan

Pentanahan adalah penghubung suatu titik rangkaian listrik dengan bumi dengan cara tertentu, apabila suatu tindakan pengamanan atau perlindungan yang akan dilaksanakan. Maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar. Agar sistem pentanahan dapat bekerja efektif. Adapun Persyaratan pentanahan sebagai berikut :

- a. Membuat jalur impedansi rendah ketanah untuk pengamanan personil dan peralatan menggunakan rangkaian efektif.
- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubungan (*surge currents*).
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap bagian kondisi kimiawi tanah, untuk menyakinkan kontinuitas sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pemeliharaan.

#### 2.2 Fungsi dan Tujuan Pentanahan

Fungsi pentanahan adalah untuk mengalirkan arus listrik kedalam tanah melalui suatu elektroda tanah yang ditanam didalam tanah jika terjadi suatu gangguan, disamping itu berfungsi sebagai pengamanan manusia dari listrik.

---

<sup>1</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga,1991), hal 155



Arus listrik mengalir pada elektroda pentanahan akan mengakibatkan perbedaan tegangan antara elektroda pada suatu titik dengan suatu titik lain dipermukaan tanah.

Bila perbedaan maksimum sepanjang permukaan tanah ternyata masih begitu besar, maka kondisi ini sangat tidak menguntungkan karena akan membahayakan personil yang sedang bekerja. Perbedaan ini akan dirasakan disekitar peralatan.

Untuk mengurangi pengaruh tersebut maka haruslah dapat dirancang sistem pentanahan. Ada pun tujuan pentanahan peralatan-peralatan listrik yang ditanahkan antara lain :

1. Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu titik aman untuk semua kondisi oprasi normal ataupun tidak normal.
2. Untuk memperkecil bahaya *shock* pada manusia maupun hewan.
3. Untuk menetralkan *grounding* tegangan yang terjadi pada permukaan tanah.

### **2.3 Tahanan Jenis Tanah dan Tipe Tanah<sup>2</sup>**

Tanah merupakan campuran dari partikel-partikel cair, padat dan gas. Susunan tanah itu sendiri memberikan suatu petunjuk yang baik pada tingkat mana tahanan jenis tanah itu akan diperkirakan. Tahanan jenis tanah dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, oleh karena tahanan jenis tidak dapat diberikan sebagai suatu nilai yang ditetapkan. Sering dicoba untuk mengubah komposisi tanah dengan memberikan garam pada tanah yang dekat pada elektroda pentanahan, dengan maksud mendapat jenis tanah yang renda.

Cara ini hanya baik untuk sementara, sebab proses pengamanan harus dilakukan secara periodik sedikit-dikitnya enam bulan sekali. Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pentanahan dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pentanahan sampai mencapai kedalaman dimana terdapat tanah yang konstan. Pada sistem pentanahan tidak perlu ditanam lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang konstan, maka variasi tanah sangat besar, karena kadangkala dipengaruhi oleh temperatur dan



kelembaban secara bervariasi.

Harga tahanan jenis tanah harus diambil untuk keadaan yang paling buruk yaitu sewaktu tanah dalam keadaan kering dan dingin. Untuk melihat gambaran mengenai besarnya tahanan jenis tanah untuk bermacam-macam jenis tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Tahanan jenis bermacam-macam tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-m)
Tanah rawa	30
Tanah liat dan tanah lading	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000

Dalam penggunaan data-data diatas sering terjadi kesulitan karena komposisi tanah biasanya terdiri dari dua atau lebih kombinasi lapisan dari bermacam-macam tanah. Hal yang penting dalam penyelidikan karakteristik tanah ialah mencari tahanan jenis tanah. Harga tahanan jenis tanah ini selalu bervariasi sesuai dengan keadaan tanah pada saat pengukuran, karena itu sebaiknya dicantumkan keadaan cuaca dan basah keringnya tanah pada waktu pengukuran dilakukan.

Pengukuran tahanan jenis tanah pada lokasi gardu induk diambil dari titik lokasi. Tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang terulis:

$$\rho = 2.\pi.D.R.....(2.1)$$

Dimana:  $\rho$  = tahanan jenis rata-rata tanah (ohm-meter)

$D$  = jarak antara batang elektroda yang terdekat(meter)

$R$  = besar tahanan yang diukur (ohm)

<sup>2</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga,1991), hal 175



Setelah mendapatkan tahanan jenis tanah maka dapat dicari tahanan pentanahan sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \times \ln \frac{4L}{1,36.d} \times \frac{2h+L}{4h+L} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

h : Jarak elektroda pentanahan dari permukaan bumi (m)

L : Panjang elektroda pentanahan (m)

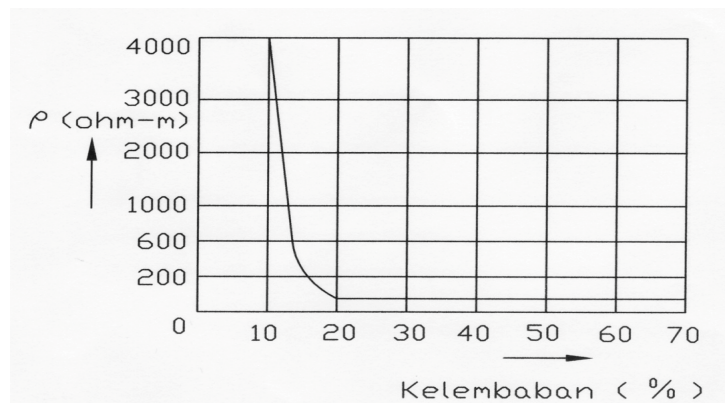
d : Diameter pipa Galvanis (inch)

#### 2.4 Pengaruh Kelembaban<sup>3</sup>

Harga tahanan jenis tanah sangat dipengaruhi oleh konsentrasi air tanah. Pada kelembaban tanah yang rendah tahanan jenis tanah besar, sebaliknya semakin besar konsentrasi air dalam tanah, maka harga tahanan jenis akan semakin kecil.

Proses mengalirnya arus listrik didalam tanah sebagai besar adalah karena proses elektrolisa, maka dari itu didalam air tanah akan mempengaruhi konduktivitas atau daya hantar listrik tanah tersebut. Dengan demikian tahanan jenis tanah akan dipengaruhi pula oleh besaran konsentrasi air tanah. Semakin besar konsentrasi air didalam tanah maka konduktivitas tanah akan semakin besar, sehingga tahanan jenis tanah akan turun sesuai dengan hubungan dibawah ini :

Tanah yang kering atau tanah dengan konsentrasi air dalam tanahnya renda sekali (dibawah 10 % mempunyai tahanan jenis yang besar sekali atau dengan kata lain merupakan isolator yang baik. Tetapi dengan kenaikan konsentrasi air sampai 15 %, tahanan jenis tanah akan menurun dengan cepat sekali.

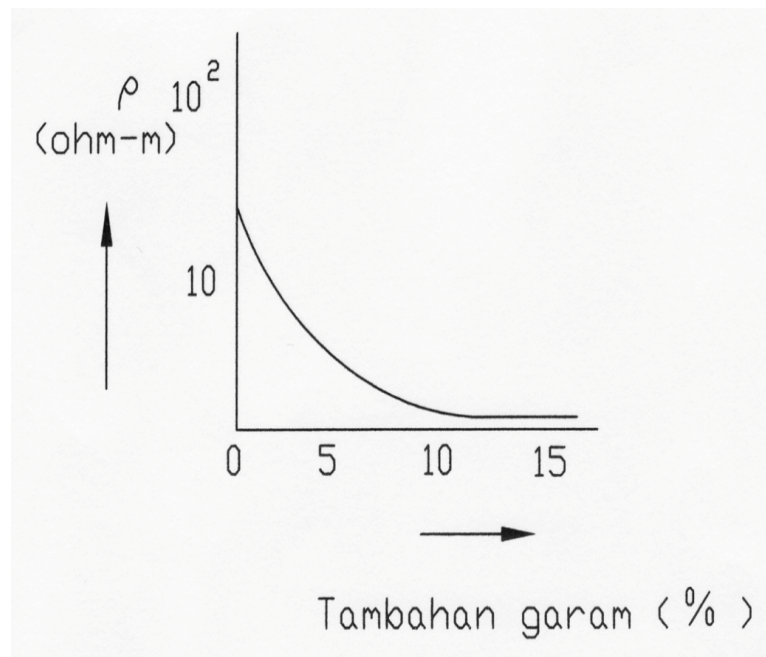


Gambar 2.1 Perubahan tahanan jenis tanah terhadap Kelembaban

Satu hal yang menarik dari gambar II adalah bahwa harga tahanan jenis tahanan tanah menunjukkan adanya kejenuhan untuk kelembaban harga tahanan diatas 15 %, maka kenaikan dari kelembaban tidak banyak terhadap tahanan jenis tanah. Harga tahanan jenis tanah yang biasa dipakai yang adalah harga jenis tersebut.

Oleh karena itu, penting bagi untuk menambakan elektroda pentanahan pada tempat yang berhubungan langsung dengan air tanah. Untuk melakukan hal ini elektroda-elektroda pentanahan ditanam ditempat-tempat yang cukup dalam dibawah permukaan air.

Dengan jalan demikian pula, maka pengaruh perubahan musim terhadap tahanan jenis tanah atau terhadap tahanan pentanahan elektroda dapat diperkecil. Cara lain untuk memperkecil tahanan jenis tanah serta pengaruh dari musim adalah dengan jalan memberikan semacam *zat kimia* “ *Rock Salt* “ disekitar elektroda secara periodik yang terlihat pada gambar III dibawah ini :



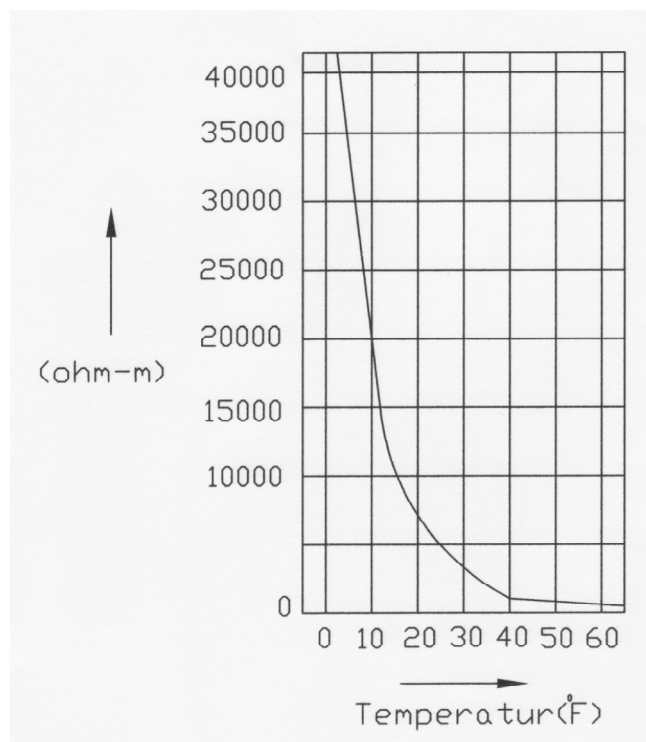
Gambar 2.2 Penggaramaan Tanah



Zat kimia tersebut akan memperkecil tahanan jenis tanah disekitar elektroda pentanahan, sehingga tahanan pentanahan serta perubahannya karena musim akan menjadi kecil.

## 2.5 Pengaruh Suhu atau Temperatur

Temperatur tanah disekitar elektroda pentanahan juga berpengaruh terhadap besaran tahanan jenis tanah terutama bila temperatur dibawah titik beku.



Gambar 2.3 Pengaruh temperatur terhadap tahanan jenis tanah

Dibawah harga titik beku, perubahan temperatur yang sedikit saja akan menyebabkan harga tahanan jenis tanah tersebut dengan cepat mengalami kenaikan. Pada temperatur dibawah titik beku, air didalam tanah akan membeku, molekul-molekul air dalam tanah akan sulit untuk bergerak sehingga daya hantar listrik tanah menjadi rendah sekali.

<sup>3</sup>Novi Adi Candra , 2006, *Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk Prabumulih PT.Pln Persero P3b Sumatera UPT Palembang Tragi Prabumulih* , Laporan Akhir Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Swirijaya. Tidak Diterbitkan hal 7-9.



## 2.6 Sifat-sifat dari sebuah sistem elektroda<sup>4</sup>

Hambatan arus melewati sistem elektroda tanah mempunyai tiga komponen yaitu :

1. Tahanan pasaknya sendiri
2. Tahanan kontak-kontak pasak dengan tanah sekitarnya
3. Tahanan tanah disekelilingnya

Pasak-pasak tanah, batang-batang logam, struktur dan peralatan lain biasa digunakan untuk elektroda tanah. Elektroda-elektoda umumnya besar, sehingga tahananannya dapat diabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistem pentanahan.

Pasak dengan tahanan seragam ditanam ketanah akan mengantarkan arus kesemua jurusan. Dari tinjau suatu elektoda yang ditanam ditanah yang terdiri atas lapisan-lapisan tanah dengan ketebalan yang sama.

Lapisan tanah terdekat dengan pasak, sendirinya memiliki permukaan paling sempit, sehingga memberikan tahanan terbesar. Lapisan berikutnya karena lebih luas, memberikan tahanan yang lebih kecil. Demikian seterusnya, sehingga pada suatu jarak tertentu dari pasak, lapisan tahanan sudah tidak menambah besaran tahanan sekeliling pasak. Jarak ini juga tahanan efektif.

## 2.7 Macam-Macam Elektroda Pentanahan<sup>5</sup>

Ada beberapa macam bentuk pentanahan :

1. Berbentuk batang
2. Berbentuk plat
3. Berbentuk pita

### 2.7.1 Elektroda Batang (Rod)

Elektroda batang ialah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah.

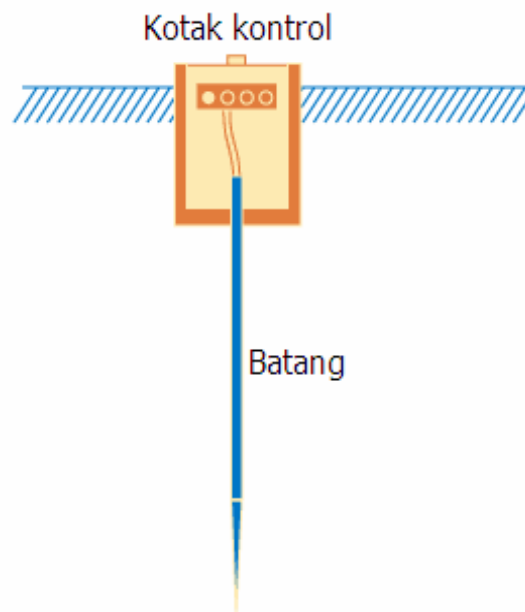
<sup>4</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga,1991), hal 158

<sup>5</sup>Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik* ( Jakarta : Direktorat Pembinaan SMK,2008), hal 167





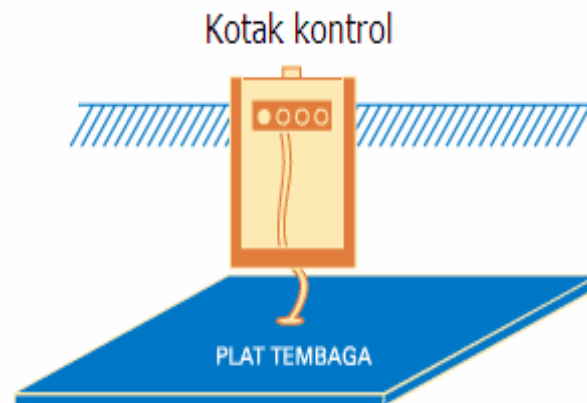
Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kalidigunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu induk-gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. Di samping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas.



*Gambar 2.4 Elektroda Batang*

### **2.7.2 Elektroda Pelat**

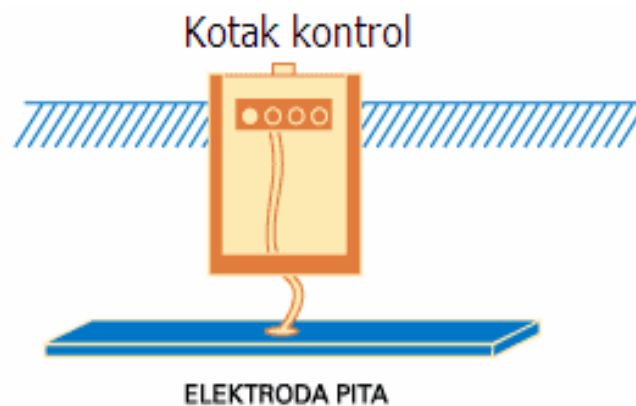
Elektroda pelat ialah elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.

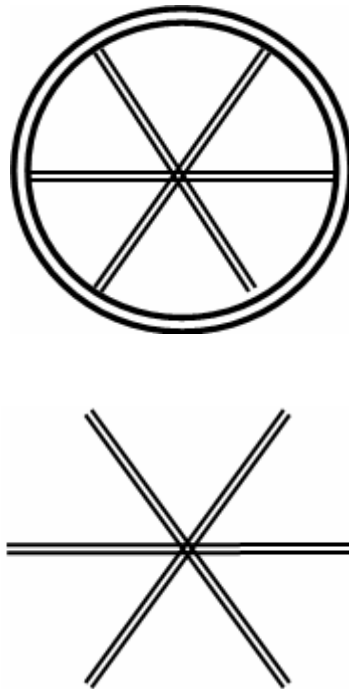


Gambar 2.5 Elektroda Pelat

### 2.7.3 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. Pemancangan ini akan bermasalah apabila mendapati lapisan-lapisan tanah yang berbatu, disamping sulit pemancangannya, untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Ternyata sebagai pengganti pemancangan secara vertikal ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horisontal) dan dangkal.





*Gambar 2.6 Elektroda pita dalam beberapa konfigurasi*

#### **2.7.4 Sifat-Sifat dari Sebuah Sistem Elektroda Tanah<sup>6</sup>**

Hambatan arus melewati sistem elektroda tanah mempunyai 3 (tiga) komponen yaitu :

1. Tahanan pasaknya sendiri dan sambungan-sabungannya
2. Tahanan kontak antara pasak dengan tanah sekitar
3. Tahanan tanah disekelilingnya.

Pasak-pasak tanah, batang-batang logam, struktur dan peralatan lain biasanya biasa digunakan untuk elektroda tanah. Elektroda-elektroda ini umumnya besar dan penampangnya sedemikian rupa, sehingga tahanannya dapat diabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistem pentanahan.

Tahanan antara elektroda dan tanah jauh lebih kecil dari biasa diduga, apabila elektroda bersih dari cat atau minyak, dan tanah dapat dipasak dengan kuat.

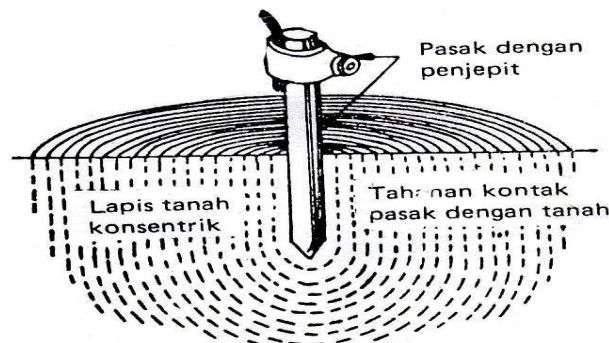
---

<sup>6</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga,1991), hal 158



Maka *Biro Standarisasi Nasional Amerika Serikat* menyatakan bahwa tahanan kontak dapat diabaikan.

Pasak dengan tahanan seragam yang ditanam ke tanah menghantarkan arus ke semua jurusan. Ketika suatu elektroda atau pasak yang ditanam di tanah yang terdiri atas lapisan-lapisan tanah dengan ketebalan yang sama, lapisan tanah terdekat dengan elektroda atau pasak dengan sendirinya memiliki permukaan paling sempit sehingga memberikan tahanan terbesar. Lapisan berikutnya, karena lebih luas memberikan tahanan yang lebih kecil dan seterusnya, sehingga pada suatu jarak sekeliling elektroda atau pasak jarak ini disebut daerah tahanan efektif yang sangat tergantung pada kedalaman elektroda atau pasak. Dari ke 3 (tiga) macam komponen tahanan tanah merupakan besaran yang paling kritis dan paling sulit dihitung ataupun diatasi.



Gambar 2.7 Komponen-Komponen Tahanan Elektroda

### 2.7.5 Faktor-faktor yang menentukan Tahanan Pentanahan<sup>7</sup>

#### 1. Bentuk elektroda

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

<sup>7</sup>Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik* ( Jakarta : Direktorat Pembinaan SMK,2008), hal 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

**Jenis tanah :** Tanah gembur, berpasir, berbatu, dan lain-lain.

**moisture tanah:** semakin tinggi kelembaban atau kandungan air dalam tanah akan memperrendah tahanan jenis tanah

**6. kandungan mineral tanah:** air tanpa kandungan garam adalah isolator yang baik dan semakin tinggi kandungan garam akan memperrendah tahanan jenis tanah, namun meningkatkan korosi

**7. 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.

### 2.7.6 Pengaruh Tahanan Tanah Terhadap Tahanan Elektroda<sup>8</sup>

Tahanan elektroda pentanahan ke tanah tidak hanya tergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda, tetapi juga pada tahanan tanah. Tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda atau pasak harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Tahanan tanah sangat bervariasi di berbagai tempat, dan berubah tahanannya menurut iklim. Tahanan tanah ini ditentukan oleh kandungan elektrolit didalamnya, kandungan air, mineral-mineral, dan



garam-garam. Tanah yang kering mempunyai tahanan yang tinggi, tetapi tanah yang basa dapat juga mempunyai tahanan yang tinggi apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut.

Karena tahanan tanah berkaitan langsung dengan air dan suhu, maka dapat saja diasumsikan bahwa tahanan pentanahan suatu sistem akan berubah sesuai perubahan iklim setiap tahunnya. Variasi-variasi tersebut dapat dilihat karena kandungan air dan suhu lebih stabil pada kedalaman yang lebih besar, maka agar dapat bekerja efektif sepanjang waktu, sistem pentanahan dapat dikonstruksikan dengan elektroda atau pasak tanah yang ditancapkan cukup dalam dibawah permukaan tanah. Hasil terbaik akan diperoleh apabila kedalaman elektroda atau pasak mencapai tingkat kandungan air yang tetap.

### 2.7.7 Ukuran-ukuran Penghantar Tanah<sup>9</sup>

Penghantar-penghantar dan elektroda-elektroda baja digunakan untuk saluran distribusi dan pentanahan substation. Luas minimum penghantar yang diperlukan dapat dicari dari rumus berikut :

Luas dalam mm<sup>2</sup>

$12,15 \times 10^{-3} I\sqrt{T}$  = untuk sambungan-sambungan yang dilas

$15,7 \times 10^{-3} I\sqrt{T}$  = untuk sambungan-sambungan dengan sekrup

Dimana :

I = Arus gangguan (Ampere )

T= Lamanya terjadi gangguan

Dalam memilih penghantar, selain stabilitas termal sesuai dengan penggunaan rumus diatas, kekuatan terhadap gerak mekanis dan terhadap korosi pemilihan penghantar dapat dipertimbangkan. Terhadap gerak mekanis ukuran minimum penghantar baja plat strip tidak boleh kurang dari 10 x 6 mm<sup>2</sup> dan untuk ketahanan terhadap korosi pemilihan penghantar dapat mempertimbangkan hal- hal berikut :

<sup>8</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga,1991), hal 159

<sup>9</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga,1991), hal 161



1. Untuk tanah yang bersifat korosif sangat lambat, dengan tahanan diatas 100 ohm-m, tidak ada batas perkenan korosi (*corrosion allowance*)
2. Untuk tanah yang bersifat korosif lambat, dengan tahanan 25-100 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 15 % dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas termal.
3. Untuk tanah yang bersifat korosif cepat, dengan tahanan kurang dari 25 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 30 % dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas termal . Dibandingkan dengan sambungan sekrup pada sambungan las dapat timbul sedikit korosi pada sambungan oleh bahan las atau teknik pengelasannya sendiri. Hindarkan cara las titik dan gunakan las kontinu.

Penghantar dapat dipilih dari ukuran-ukuran standar seperti 10 x 6 mm<sup>2</sup>, 20 x 6 mm<sup>2</sup>, 30 x 6 mm<sup>2</sup>, 40 x 5 mm<sup>2</sup>, 50 x 6 mm<sup>2</sup>, 60 x 6 mm<sup>2</sup>, 50 x 8 mm<sup>2</sup>, 65 x 8 mm<sup>2</sup>.

### 2.7.8 Penghantar Tanah<sup>10</sup>

Fungsi penghantar untuk menyalurkan energi dari satu titik ke titik yang lain. Penghantar yang digunakan dalam kelistrikan adalah berisolasi dapat berupa kawat berisolasi atau kabel. Ada juga penghantar tanpa isolasi atau BC. Bahan BC (*Bare Conductor*), penghantar berlubang (*Hollow Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), dan ACAR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*) bahan penghantar yang kebanyakan digunakan adalah aluminium dan tembaga.

Dalam hal ini bahan penghantar yang digunakan untuk pentanahan sering menggunakan penghantar dari bahan tembaga atau BC. Berikut perbandingan beberapa sifat antara aluminium dan tembaga dapat dilihat dari tabel yang ada dibawah ini :

---

<sup>10</sup>Novi Adi Candra , 2006, *Sistem Pentanahan Pada Gardu Induk Prabumulih PT.Pln Persero P3b Sumatera UPT Palembang Tragi Prabumulih* , Laporan Akhir Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Swirijaya. Tidak Diterbitkan hal 15-16



Tabel 2.2 Perbandingan Antara Aluminium dan Tembaga

Sifat	Aluminium	Tembaga
Massa Jenis	2,7 g / cm <sup>3</sup>	8,96 g / cm <sup>3</sup>
Kekuatan Tarik	20-30 kg / cm <sup>2</sup>	40 kg / cm <sup>2</sup>
Daya Tahan Jenis	0,0175 Ω-m / mm <sup>2</sup>	0,029 Ω-m / mm <sup>2</sup>
Daya Hantar Jenis	57 mm <sup>2</sup> / Ω-m	35 mm <sup>2</sup> / Ω-m

## 2.8 Hukum Ohm <sup>11</sup>

Tegangan volt ialah tegangan yang dapat mengalirkan arus ampere melalui tahanan ohm. Hasil penyelidikan *George Simon Ohm* bahwa jika tegangan dinaikkan 2 kali tahanan tetap, maka kuat arusnya juga akan naik 2 kali. Sedangkan arus dalam rangkaian berubah sebanding lurus dengan tegangan yang dipakai.

Jika tegangannya tetap tetapi tahanannya diperbesar 2 kali maka arus yang mengalir akan menjadi setengah dan jika tahanannya diperkecil menjadi setengahnya, maka arusnya naik menjadi 2 kali. Arus dalam rangkaian akan naik apabila tahanannya turun, dan arus turun jika tahanannya naik.

Untuk tegangan dc yaitu :

$$E = I \cdot R \dots\dots\dots(2.3)$$

$$I = \frac{E}{R} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$R = \frac{E}{I} \dots\dots\dots(2.5)$$

<sup>11</sup>Diakses dari : <http://alljabbar.wordpress.com/2010/09/02/hukum-ohm>, tanggal 19 Mei 2014



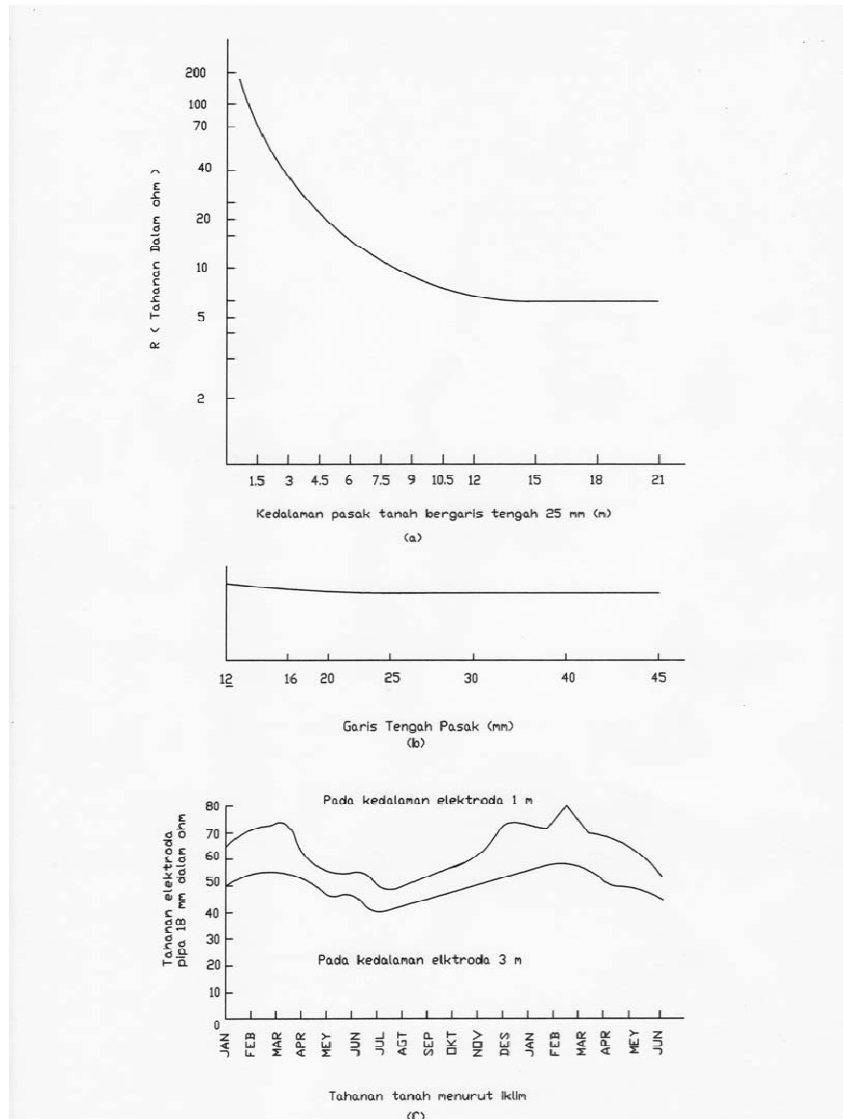


Dimana :

$E$  = Tegangan listrik dalam satuan (V)

$I$  = Kuat arus dalam satuan (A)

$R$  = Tahanan listrik dalam satuan ( $\Omega$ )



Gambar 2.8 Variasi-variasi Tahanan Jenis Tanah<sup>12</sup>

<sup>12</sup>AS Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta: Erlangga, 1991), hal 159



## 2.9 Macam-macam Pentanahan<sup>13</sup>

Sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Pentanahan Sistem
2. Pentanahan Peralatan
3. Peralatan Penangkal Petir

### 2.9.1 Pentanahan Sistem

Pentanahan sistem adalah suatu gangguan bumi *ground fault* pada salah satu bagian dari atau hantaran suatu sistem harus dapat dilokalisir dan mengamankan tanpa memutus atau mengganggu keseluruhan sistem, sehingga keandalan dan kontinuitas pelayanan dapat dijamin. Dengan dipasangnya sistem pentanahan ini, maka diharapkan gangguan yang terjadi dapat dibatasi pada grup sistem yang bersangkutan saja. Ada beberapa macam pentanahan sistem yang kita kenal, antara lain :

- Pentanahan Langsung
- Pentanahan Efektif
- Pentanahan Reaktor
- Pentanahan Melalui Tahanan
- Pentanahan dengan Kumparan Perterse

### 2.9.2 Pentanahan Langsung

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

---

<sup>13</sup>Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik* ( Jakarta : Direktorat Pembinaan SMK,2008), hal 167



### 2.9.3 Pentanahan Efektif

Sistim pentanahan ini ialah menggunakan suatu reaktansi. Harga reaktansi pentanahan ini antara nol sampai tak terhingga, untuk sistim persamaan dari pentanahan langsung juga berlaku pada pentanahan ini. Yang termasuk pentanahan reaktansi ini adalah pentanahan diluar efektif yaitu bila  $X_0/3X_1$  dan tegangan yang tak terganggu tidak melebihi 1,73 Eph kecuali harga  $X_0$  mempunyai harga negatif.

Keuntungan antara sistim pentanahan melalui reaktansi ini adalah :

- Arus hubungan singkat diperkecil
- Tegangan fasa – fasa yang tak terganggu terbatas nilainya.
- Arcing ground tak membahayakan.

Dari beberapa pentanahan sistim diatas ada juga yang kita kenal dengan pentanahan secara efektif yaitu pentanahan dimana memenuhi persamaan.

$$\leq \frac{X_0}{X_1} \leq 3 \text{ dan } \leq \frac{R_0}{X_1} \leq 1 \dots\dots\dots(2.6)$$

Jadi ini bisa termasuk pentanahan tanpa impedansi dan pentanahan dengan reaktansi rendah.

### 2.9.4 Pentanahan Reaktor

Pentanahan reaktor digunakan bilamana peralatan sistem pada gardu induk tidak cukup membatasi arus gangguan tanah. Oleh karena itu reaktor digunakan untuk memenuhi persyaratan dari sistem yang diketanahkan dengan reaktor dimana besar arus gangguan diatas 25 dari arus gangguan tiga fasa(  $X_0 / X_1$  IC ). Dilihat dari besaran perbandingan  $X_0$  dan  $X_1$  sistim pentanahan ini terletak antara pentanahan efektif dan sistim yang ditanahkan persentase.

### 2.9.5 Pantanahan Melalui Tahanan

Dalam hal ini harga tahanan mempunyai harga ohm yang tinggi dibandingkan dengan reaktansi sistim sehingga arus line dibatasi oleh resistor. Dalam transmisi tegang tinggi atau sistim kabel, arus kapasitif yang terjadi



adalah kecil dibandingkan dengan arus relatif dan dapat diabaikan. Tetapi bila apa bila terjadi kerugian tegangan yang besar pada resistor maka nilai ohm dari gronding resistor tergantung pada tegangan sistem dan kapasitas sistem.

### 2.9.6 Pentanahan Peralatan

Yang dimaksud dengan pentanahan peralatan disini adalah pentanahan dari peralatan yang ada di Switchyard. Karena pentingnya peralatan-peralatan pada *Switchyard*, maka pantanahan harus dapat diandalkan untuk melindungi peralatan dari kerusakan maupun keselamatan operator atau personalia.

Sistem pentanahan *Switchyard* yang banyak digunakan ada dua macam, yaitu:

- Pentanahan dengan menanam batang elektroda tegak lurus kedalam tanah *rod ground*.
- Pentanahan dengan cara menanam batang elektroda sejajar beberapa kaki dibawah permukaan tanah yang diamankan sistim pentanahan gril.

### 2.9.7 Rod Ground

Pentanahan sistem ini adalah sama dengan *drivern ground* yang digunakan pada menara transmisi. Untuk memperoleh harga tahanan yang lebih kecil maka dapat digunakan batang – batang elektroda yang lebih banyak ditanam paralel tegak lurus permukaan tanah. Makin pendek jarak elektroda (D) dan makin banyak jumlah elektroda yang ditanam, maka makin kecil konduksititasnya.

### 2.9.8 Pentahanan 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 hasil pentanahan lama.



Caranya ialah dengan menanam batang elektroda sejajar dengan tanah untuk mengecilkan tahanan pentanahan pada suatu area tertentu, kita dapat dengan terus menerus menambah batang elektroda pentanahan, hal ini karena volume tanah terbatas kemampuannya untuk menerima arus. Pentanahan grid yang paling sederhana adalah menanamkan sebuah konduktor beberapa ini terhadap permukaan tanah dapat dianggap sebagai konduktor lain.

### **2.9.9 Pentanahan Peralatan Penangkal Petir**

Karena fungsi arrester dalam sistem koordinasi isolasi pada instalasi tenaga listrik, maka pemasangan alat ini harus betul – betul memenuhi persyaratan teknis. Karena fungsi arrester adalah mengalirkan arus lebih ketanah 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 dimasukan ketanah 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 dibawah 5 ohm.

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 tegangan lebih besar harus memakai kawat yang lebih besar. Untuk tegangan antara 413 kV dianjurkan menggunakan kawat No. 2 AWG.

### **2.10 Trafo Daya <sup>14</sup>**

Trafo Daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.



Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal (kalau bias secara terus menerus tanpa berhenri). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu, maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian lainnya.



Gambar 2.9 Trafo daya yang ada di PT.PLN sektor Keramasan



Transformator dapat dibagi menurut fungsi / pemakaian seperti :

1. Transformator Mesin (Pembangkit)
2. Transformator Gardu Induk
3. Transformator Distribusi
4. Transformator dapat juga dibagi menurut Kapasitas dan Tegangan seperti:
  1. Transformator besar
  2. Transformator sedang
  3. Transformator kecil.

### **2.10.1 Konstruksi Bagian-Bagian Transformator**

Transformator terdiri dari :

#### **A. Bagian Utama**

1. Inti besi
2. Kumparan Transformator
3. Minyak Transformator
4. Bushing
5. Tangki Konservator

#### **B. Peralatan Bantu**

1. Pendingin
2. TapChanger
3. Alat Pernapasan (Dehydration Breather)
4. Indikator-indikator : *Thermometer* , permukaan minyak

#### **C. Peralatan Proteksi**

1. Rele Bucholz
2. Pengaman tekanan lebih (Explosive Membrane ) / Bursting Plate
3. Rele tekanan lebih (sudden Pressure Relay )
4. Rele pengaman tangki
5. Pemadam kebakaran (transformator – transformator besar )



6. Rele Differensial
7. Rele arus lebih
8. Rele hubung tanah
9. Rele thermis
10. Arrester

#### **D. Peralatan tambahan untuk Pengaman Transformator**

1. Pemadam kebakaran (transformator – transformator besar )
2. Rele Differensial
3. Rele arus lebih
4. Rele hubung tanah
5. Rele thermis
6. Arrester

---

<sup>14</sup>Diakses dari <http://en.wikipedia.org/wiki/Transformer>, Pada tanggal 20 Mei pukul 17.00 WIB



