



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Pentanahan**

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam kehandalan beroperasinya sistem kelistrikan dan keamanan pada manusia yang berada disekitarnya adalah Sistem Pentanahan Tenaga Listrik. Sistem pentanahan merupakan salah satu sistem pengamanan terhadap gangguan yang sering terjadi pada peralatan listrik atau jaringan terhadap petir, yang berupa gangguan hubung singkat ke tanah. Nilai Tahanan pentanahan pada suatu tempat berbeda – beda yang disebabkan oleh : komposisi tanah, kandungan air tanah, kelembapan tanah dan juga jenis tanah yang terdiri atas tanah liat , tanah rawa, tanah pasir, tanah kerikil, tanah ladang dan tanah berbatu.

Hal ini mempengaruhi nilai tahanan pentanahan dan berpengaruh pada hantaran listriknya. Tanah pasir dan kerikil kering mempunyai karakteristik yang unik, karena dijumpainya kesulitan dalam pemasangan elektroda pentanahan karena halangan kerikil, ini akan berakibat tidak dapat kedalaman elektroda yang cukup untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang diharapkan. Untuk mendapatkan perlindungan terhadap gangguan hubung singkat ke tanah, maupun gangguan petir, maka diperlukan perencanaan pentanahan Sistem Tenaga Listrik yang baik. Dengan metode pentanahan yang baik dan efektif, maka akan meminimalisasi gangguan petir, sehingga menjamin kehandalan beroperasinya sistem tenaga listrik dan aman bagi orang – orang yang melintasinya. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan pentanahan  $< 5 \text{ ohm}$  , sedangkan untuk pentanahan peralatan-peralatan



elektronika dibutuhkan nilai tahanan pentanahan  $< 3$  ohm bahkan beberapa perangkat membutuhkan nilai tahanan pentanahan  $< 1$  ohm.<sup>4</sup>

Pentanahan merupakan salah satu faktor utama dalam setiap pengamanan (perlindungan) peralatan atau rangkaian listrik. Untuk melakukan pengamanan tersebut diperlukan perancangan pembumian sesuai standar yang berlaku yaitu :

1. Tahanan pembumian harus memenuhi syarat yang di inginkan untuk suatu keperluan pemakaian.
2. Elektroda yang ditanam dalam tanah harus : -
  - a. Bahan konduktor yang baik
  - b. Tahan Korosi
  - c. Cukup Kuat
3. Elektroda harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah sekelilingnya.
4. Tahanan pembumian harus baik untuk berbagai musim.

Dalam sebuah instalasi listrik, ada empat bagian yang harus diketanahkan/dibumikan, yaitu sebagai berikut :

1. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.
2. 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.
3. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah dapat disentuh manusia.
4. Bagian pembuangan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu

---

<sup>4</sup> Jamaaluddin,dkk.2015. *Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik*. Jurnal TE-U.Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Vol. 1, No. 1



membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.<sup>7</sup>

Pentanahan adalah penghubung 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, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. (Pabla 1986, Hutauruk 1987, Tajuddin 1998).

### 2.1.1 Definisi-Definisi Sistem Pentanahan

Sesuai dengan Puil 2000 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000) terdapat beberapa definisi yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Bumi (*Earth*) adalah massa konduktif bumi yang potensial listriknya di setiap titik manapun menurut konvensi sama dengan nol.
2. Elektrode bumi (*Earth Electrode*) adalah bagian konduktif atau kelompok bagian konduktif yang membuat kontak langsung dan memberikan hubungan listrik dengan bumi.
3. Gangguan Bumi (*Earth Fault*) merupakan :
  - a) Kegagalan isoasi antara penghantar dan bumi atau kerangka. Gangguan disebabkan oleh penghantar yang terhubung ke bumi menjadi lebih kecil daripada nilai tertentu.
4. Isolasi (*Insuation*) adalah :
  - a. (Sebagai bahan) merupakan segala jenis bahan yang dipakai untuk menyekat sesuatu.
  - b. (Pada kabel) merupakan bahan yang dipakai untuk menyekat penghantar lain dan dari selubungnya jika ada
5. Pentanahan (*Earthing*) adalah elektrode dari pipa logam, baja profil atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke bumi.<sup>1</sup>

<sup>7</sup> Siahaan, Thamrin. 2019. *Studi Pembumian Peralatan Dan Sistem Instalasi Listrik Padagedung Kantor BICTPT*. Medan: Universitas Darma Agung, Vol.8, No.2

<sup>1</sup> Daryanto. 2006. *Konsep Dasar Teknik Elektronika Kelistrikan*. Bandung: ALFABETA, cv



### 2.1.2 Macam-Macam Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan titik netral (*Netral Grounding Sysem*) Sistem dengan titik netral ditanahkan adalah suatu sistem yang titik netral dari sistem tersebut sengaja dihubungkan ke tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung. Sistem pentanahan titik netral bertujuan untuk :

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (*reability*) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi atau membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (*retriike ground fault*).<sup>7</sup>

## 2.2 Jenis-Jenis Elektroda Pentanahan

Elektroda Pentanahan Menurut PUIL 2000 [3.18.11 & 3.18.4.1], Elektroda adalah pengantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Pada umumnya elektroda pentanahan yang sering digunakan ada 3 jenis, yaitu sebagai berikut:

### 2.2.1 Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda dari pipa besi baja profil atau batangan logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah secara dalam. Pembumian dengan menggunakan elektroda batang yang mana pembumiannya ditanam secara vertikal atau tegak lurus ke dalam tanah. Pembumian jenis ini paling banyak digunakan karena mempunyai keuntungan jika dibandingkan dengan menggunakan jenis elektroda yang lain yaitu :<sup>5</sup>

- 1 Elektroda batang memiliki harga yang terjangkau dan murah serta tidak membutuhkan biaya yang banyak.

<sup>7</sup> Siahaan, Thamrin. 2019. *Studi Pembumian Peralatan Dan Sistem Instalasi Listrik Padagedung Kantor BICTPT*. Jurnal. Medan: Universitas Darma Agung, Vol.8, No.2

<sup>5</sup> Mukmin, Mirwan, dkk. 2014. *Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Pada Area Reklamasi Pantai*. Jurnal MEKTRIK. Palu: Universitas Tadulako, Vol. 1 No.1



- 2 Pemasangan mudah, cukup dipukul dengan pemukul atau dibuat lubang terlebih dahulu dengan bor.
- 3 Mudah dipasang, cukup menghubungkan keujung elektroda dipermukaan tanah yang keluar.
- 4 Jika besar tahanan tanah yang dibutuhkan kurang, maka tinggal memparalelkan elektroda batang lainnya didekatnya.

Rumus (2.1) merupakan tahanan pentanahan elektroda batang tunggal:

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

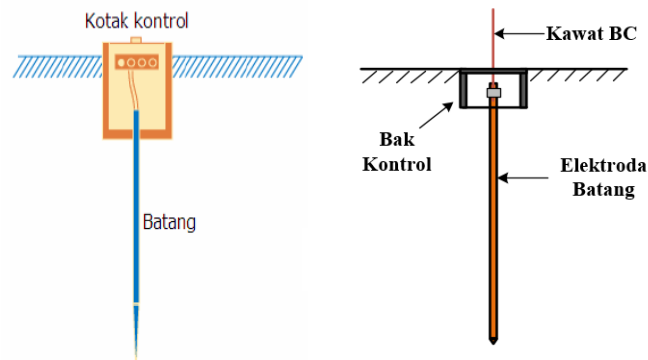
Dimana:

R= Tahanan pentanahan untuk elektroda batang(ohm)

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

L = Panjang elektroda (m)

A = Diameter elektroda (meter)



**Gambar 2.1 Elektroda Batang**

Perhitungan tahanan pembumian elektroda batang lebih dari satu. Bila tahanan pembumian yang dikehendaki tidak dapat dicapai oleh elektroda tunggal (single rod) maka dua elektroda atau lebih dapat dipergunakan. Beberapa konfigurasi pemasangan elektroda batang lebih dari satu sebagai berikut :



- a. Konfigurasi *double straight*



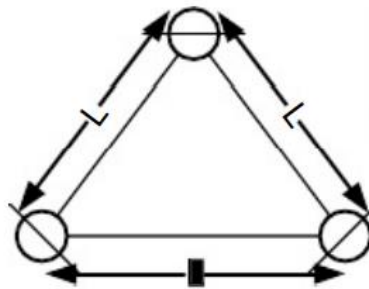
**Gambar 2.2** Konfigurasi *double straight*

- b. Konfigurasi *triple straight*



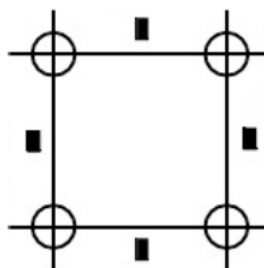
**Gambar 2.3** Konfigurasi *triple straight*

- c. Konfigurasi *triangle*



**Gambar 2.4** Konfigurasi *Triangle*

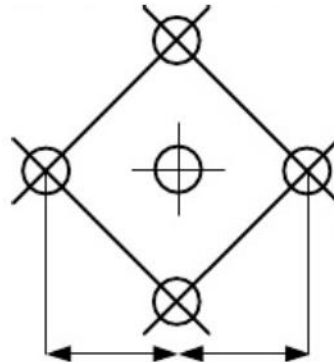
- d. Konfigurasi *square*



**Gambar 2.5** Konfigurasi *Square*



e. Konfigurasi *crosscicle*



**Gambar 2.6 Konfigurasi *Crosscicle***

Untuk menghitung tahanan pembumian total ( $R_{pt}$ ) konfigurasi diatas, maka dipakai rumus :

$$R_{pt} = \frac{\rho}{2x\pi xl} \times \text{factor pengali konfigurasi} \dots \dots \dots (2.2)$$

$k$  = factor pengali elektroda tunggal

**Tabel 2.1 Faktor Pengali elektroda tunggal ( $k$ )**

$\frac{\rho}{r}$	20	200	2000	20000
$k$	3	5,3	7,6	9,9

Untuk factor pengali elektroda batang *double straight* menggunakan rumus :

$$\frac{1+m}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk *triple straight* menggunakan rumus

$$\frac{1-2m^2+2}{3-4m+n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk *triangle* menggunakan rumus :

$$\frac{1+2m}{3} \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk *square* menggunakan rumus :

$$\frac{1+2m+q}{4} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk *crosscicle* menggunakan rumus :

$$\frac{1+2q+n-4m^2}{5+2q+n-8m} \dots \dots \dots (2.7)$$



Dimana :

$$m = \frac{\ln x}{(\ln \frac{1}{r})} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$x = \frac{1+L}{L} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$n = \frac{\ln y}{(\ln \frac{1}{r})} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$y = \frac{L+2L}{L} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$q = \frac{\ln z}{(\ln \frac{1}{r})} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$z = \frac{L+2L}{2L} \dots \dots \dots (2.13)$$

Untuk menghitung tahanan pentanahan di mana elektroda pentanahannya dipasang paralel digunakan rumus sebagai berikut: <sup>3</sup>

1. Dua batang elektroda pentanahan yang dipasang paralel

$$\frac{\text{tahanan 2 pasak paralel}}{\text{tahanan pasak tunggal}} = \frac{1+x}{2} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\text{Dimana } x = \left[ \frac{L}{\ln \frac{48L}{a} - 1} \right] / d \dots \dots \dots (2.15)$$

d = jarak antara batang elektroda yang dipasang paralel

L = Panjang elektroda (m)

a = Diameter elektroda (meter)

2. Tiga batang elektroda pentanahan yang dipasang paralel

$$\frac{\text{tahanan 3 pasak paralel}}{\text{tahanan pasak tunggal}} = \frac{1+2x}{3} \dots \dots \dots (2.16)$$

3. Batang paralel jamak yang tersusun dalam segi empat kosong atau segi empat terisi. Apabila jumlah pasak n, maka:

$$\frac{\text{tahanan n pasak paralel}}{\text{tahanan pasak tunggal}} = \frac{1+kx}{n} \dots \dots \dots (2.17)$$

<sup>3</sup> Pabla.A.S, Ir. Hadi , Abdul.1991. Sistem Distribusi Daya Listrik, Jakarta : Erlangga





### 2.2.2 Elektroda Pita

Elektroda ini berupa pita atau kawat berpenampang bulat yang ditanam di dalam tanah umumnya penanamannya tidak terlalu dalam (0,5 - 1 meter). Elektroda pita sering juga disebut elektroda pipa yang berbentuk lempengan pelat tipis, kecil dan panjang. Bahan yang dipakai biasanya dari tembaga yang berbentuk I “X” mempunyai bentuk memanjang dengan caramelingkar dan ditanam pada kedalaman sampai 1 meter dari permukaan tanah. Untuk memperoleh tahanan yang rendah biasanya diusahakan dengan elektroda yang paling panjang.

Elektroda jenis ini sering dipakai pada tempat-tempat yang mempunyai tahanan tanah yang jenisnya tinggi, terutama pada tanah yang banyak mengandung batu-batuan dimana penempatan elektroda jenis batangan, pilar kurang praktis untuk digunakan.

Rumus (2.18) merupakan rumus tahanan pentanahan untuk elektroda pita adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left( \ln \frac{2L}{d} \right) \dots\dots\dots(2.18)$$

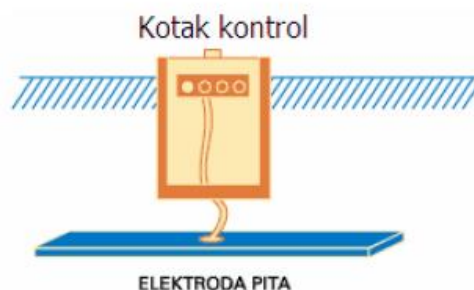
Dimana:

R = Tahanan pentanahan elektroda pita (ohm)

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

L = Panjang elektroda pelat (m)

d = kedalaman plat tertanam dari permukaan tanah (m)



**Gambar 2.7 Elektroda Pita**



### 2.2.3 Elektroda Plat

Elektroda plat adalah elektroda dari plat logam. Cara pemasangannya adalah tegak lurus dengan kedalaman kira-kira 1 meter di bawah permukaan tanah dihitung dari sisi plat sebelah atas.

Elektroda pelat terbuat dari besi baja atau tembaga yang berbentuk segi empat, ditanam vertikal dalam tanah. Ukuran pelat yang biasa dipakai adalah:

- a. Ukuran pelat elektroda 60 x 60 Cm.
- b. Tebal pelat dari besi 6,30 mm dan tembaga 3,15 mm.

Pembumihan dengan menggunakan elektroda pelat sudah jarang dipakai karena tidak menguntungkan antara lain :

- a. Harga elektroda pelat cukup mahal.
- b. Mudah berkarat (dilapisi).
- c. Kurang praktis, dimana waktu pengecekan harus digali lubang terlebih dahulu atau penggalian kembali.



**Gambar 2.8 Elektroda Plat**

Rumus (2.19) merupakan tahanan pentanahan untuk elektroda bentuk plat sebagai berikut:

$$R = \frac{\rho}{4,1L} \left(1 + 1,84 \frac{b}{t}\right) \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

R = Tahanan pentanahan elektroda pelat (ohm)

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

L = Panjang elektroda pelat (m)

b = Lebar pelat (m)

t = kedalaman plat tertanam dari permukaan tanah (m).



### 2.3 Metode Pentanahan

Metode-metode yang digunakan dalam mereduksi nilai R untuk elektroda batang pbumian, telah direkomendasikan menurut IEEE Std. 142-1982 [5] yaitu:

- 1 Penambahan jumlah batang pbumian.
- 2 Memperpanjang ukuran batang pbumian.
- 3 Membuat perlakuan terhadap tanah (*soil treatment*) terbagi atas :
  - a. Metode bak ukur (*Container Method*).
  - b. Metode parit (*Trench Method*).
- 4 Menggunakan batang Pbumian khusus.
- 5 Metode kombinasi.<sup>3</sup>

Nilai tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan (2.20) sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \frac{4L}{a} - 1 \right\} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana :

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

Rumus Dwight diatas menunjukkan, bahwa tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk memperoleh tahanan pentanahan yang rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada iklim, kandungan elektrolit dan jenis tanahnya. Metode pentanahan dalam hal ini yang dipakai adalah *Driven Ground*, yaitu menanamkan batang elektroda tegak lurus ke

<sup>3</sup> Jamaaluddin,dkk.2015. *Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik*. Jurnal TE-U.Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Vol. 1, No. 1



dalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter  $\frac{3}{4}$  inchi sampai dengan 2 inchi, dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter.

#### 2.4 Nilai Resistansi Tanah

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 cm<sup>3</sup>.

Kadang - kadang harga ini dinyatakan dengan harga Ohm per cm. Untuk mengubah komposisi kimia tanah dapat dilakukan dengan memberikan garam pada tanah dekat elektroda pembedaan dengan maksud mendapatkan tahanan jenis tanah yang rendah. Cara ini hanya baik untuk sementara sebab penggantian 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, pembedaan dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pembedaan 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.

Resistansi jenis tanah merupakan sebuah faktor keseimbangan antara resistansi tanah dan kapasitansi disekitarnya yang dipersentasikan dengan  $\rho$  (rho) dalam sebuah persamaan matematik. Ideal suatu pentanahan besar tahananannya adalah nol Ohm, tidak ada suatu standar mengenai ambang batas nilai tahanan pentanahan yang harus diikuti semua badan. Badan NFPA dan IEEE telah merekomendasikan nilai tahanan pentanahan lebih kecil atau sama dengan 5 Ohm. Tujuan nilai tahanan pentanahan adalah untuk mendapatkan tahanan pentanahan serendah mungkin yang bisa dipertimbangkan baik secara ekonomis dan secara fisik.

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah (Zulfikar, 2012). Tanah yang kering biasanya mempunyai tahanan tanah yang tinggi, sebaliknya tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang rendah apabila mengandung garam-garam yang mudah larut. Untuk memperoleh kesetabilan resistansi pentanahan, elektroda ditanam pada kedalaman optimal mencapai tingkat kandungan air yang tetap.<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

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

---

<sup>2</sup> Daryanto.2011.*Teknik Listrik Lanjutan*.Bandung: Satu Nusa

**Tabel 2.2 Tahanan Jenis Tanah**

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasar Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

### 2.5 Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan dari elektrode bumi, tergantung pada jenis 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 elektrode bumi untuk panjang tertentu.<sup>1</sup>

**Tabel 2.3 Nilai rata-rata Tahanan Elektrode Bumi**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis Elektroda	Pita atau penghantar pilin				Batang atau pita				Pelat vertical dengan sisi atas $\pm 1$ m dibawah permukaan tanah	
	10	25	30	100	1	2	3	5	0.5 x 1	1x1
Resistansi Pentanahan	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

<sup>1</sup> Daryanto.2006.*Konsep Dasar Teknik Elektronika Kelistrikan*.Bandung: ALFABETA,cv

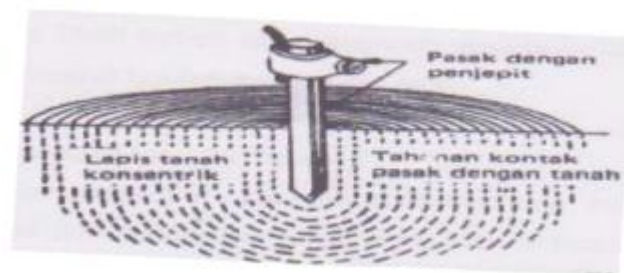


## 2.6 Sifat-Sifat Dari Sebuah Sistem Elektroda Tanah<sup>3</sup>

Hambatan arus melewati sistem elektroda tanah yang mempunyai tiga komponen, yaitu :

- a. Tahanan pasaknya sendiri dan sambungan-sambungannya.
- b. Tahanan kontak antara pasak dengan tanahsekitarnya.
- c. Tahanan tanahdisekelilingnya.

Pasak-pasak tanah, batang-batang logam, struktur dan peralatan lain biasa digunakan untuk elektroda tanah. Elektroda-elektroda ini umumnya besar dan penampangnya sedemikian, sehingga tahananannya 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, maka Biro Standarisasi Nasional Amerika Serikat menyatakan bahwa tahanan kontak dapat diabaikan. Pasak dengan tahanan seragam yang ditanam ke tanah akan menghantarkan arus ke semua jurusan. Ketika suatu elektroda atau pasak yang ditanam di tanah yang terdiri atas lapisan-lapisan tanah dengan ketebalan yang sama



**Gambar 2.9 Komponen – Komponen Tahanan Elektroda**

Lapisan tanah terdekat dengan pasak dengan 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 tanah sudah

<sup>3</sup> Pabla.A.S, Ir. Hadi , Abdul.1991. Sistem Distribusi Daya Listrik, Jakarta : Erlangga



tidak menambah besarnya tahanan tanah sekeliling pasak. Jarak ini disebut dengan daerah tahanan efektif, yang juga sangat tergantung pada kedalaman pasak.

## 2.7 Perencanaan Elektroda-Elektroda Pentanahan<sup>3</sup>

### 2.7.1 Perencanaan Elektroda

Elektroda-elektroda entanahan untuk sistem-sistem distribusi sampai 33 kV umumnya adalah batas MS ukuran minimum dengan garis tengah 20 mm atau pipa GI bergaris tengah 25 mm sepanjang 3 m ( dengan pertimbangan kekuatan terhadap mekanis dan korosi ) ditanam ke tanah dengan kedalaman 0,5-0,75 m dari permukaan tanah. Pasak panjang dan ditancapkan lebih dalam sangat bermanfaat dalam mengurangi tahanan tanah.

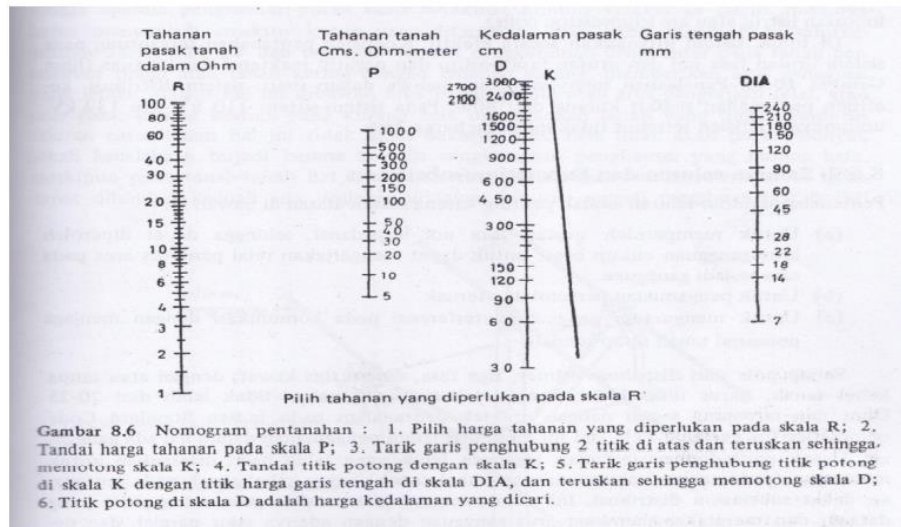
Ditempat-tempat (dengan tahanan tinggi ) di mana tahanan pentanahan yang diperoleh dengan susunan/konstruksi di atas melampaui harga batas yang ditentukan, maka digunakan elektroda jamak. Dalam hal digunakan 2 elektroda, hubungan antar elektroda dibuat dengan plat strip MS dengan ukuran yang sama dengan penghantaran, dan jarak antara elektroda ti boleh kurang dari 2 kali panjang elektroda. Apabila masih diperlukan elektroda ketiga, maka elektroda ketiga harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga tiga buah elektroda membentuk segitiga sama sisi, dengan panjang sisinya tidak boleh kurang dari 2 kali panjang elektroda.

### 2.7.2 Nomogram Pentanahan

Untuk membantu teknisi dalam menentukan kira-kira kedalaman yang diperlukan untuk memperoleh tahanan yang diinginkan, dapat digunakan nomogram pentanahan seperti gambar 2.6. sebagai contoh, untuk memperoleh tahanan 20 ohm didalam tanah dengan tahanan 10 ohm-m suatu batang MS dengan garis tengah 18 mm harus ditancapkan sampai kedalam 6 m. perlu dicatat bahwa harga-harga dalam Nomogram tersebut berdasarkan asumsi, bahwa tanah adalah homogen, dan arena itu mempunyai tahanan seragam.

<sup>3</sup> Pabla.A.S, Ir. Hadi , Abdul.1991. Sistem Distribusi Daya Listrik, Jakarta : Erlangga





**Gambar 2.10 Nomogram Petanahan**

## 2.8 Mengukur Tahanan Jenis Tanah<sup>3</sup>

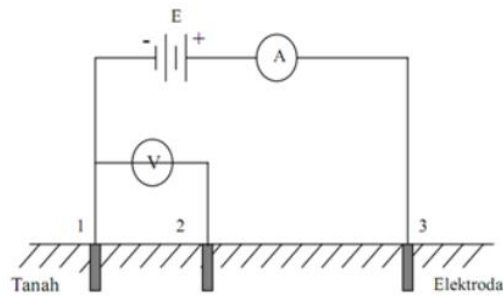
Pengukuran tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara:

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

### 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:

<sup>3</sup> Pabla.A.S, Ir. Hadi , Abdul.1991. Sistem Distribusi Daya Listrik, Jakarta : Erlangga



**Gambar 2.11 Rangkaian Pengukuran Tahanan Jenis Tanah Dengan Metode 3 Titik**

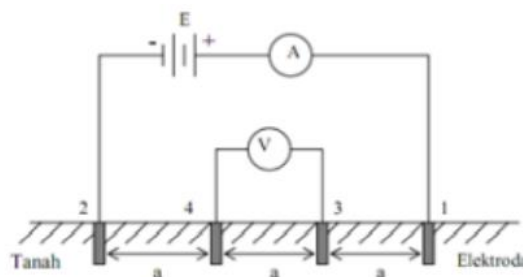
### 2.8.2 Metoda Empat Titik

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.



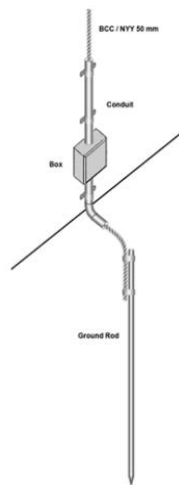
**Gambar 2.12 Rangkaian pengukuran tahanan jenis tanah Dengan metode 4 titik**



## 2.9 Bentuk Alat Pentanahan

### 2.9.1 Single Grounding Rod

*Grounding system* yang hanya terdiri atas satu buah titik penancapan batang (rod) pelepas arus atau *ground rod* di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif, biasanya mudah untuk didapatkan tahanan sebaran tanah di bawah 5 ohm dengan satu buah *ground rod*.

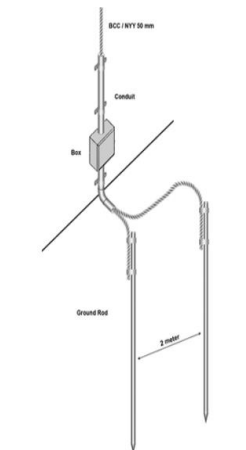


**Gambar 2.13 Single Grounding Rod**

### 2.9.2 Paralel Grounding Rod

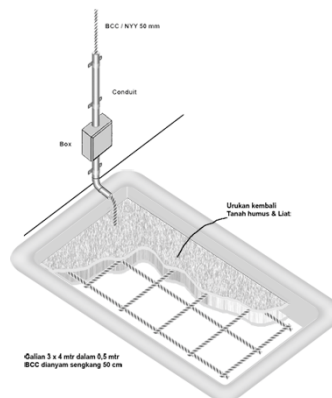
Jika sistem single grounding rod masih mendapatkan hasil kurang baik (nilai tahanan sebaran  $>5$  ohm), maka perlu ditambahkan *ground rod* ke dalam tanah yang jarak antar batang minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel BC/BCC. Penambahan *ground rod* dapat juga ditanam mendatar dengan kedalaman tertentu, bisa mengelilingi bangunan membentuk cincin atau cakar ayam.

Kedua teknik ini bisa diterapkan secara bersamaan dengan acuan tahanan sebaran/resistans kurang dari 5 ohm setelah pengukuran dengan *earth ground tester*.



**Gambar 2.14 Paralel Grounding Rod**

### 2.9.3 Multi Grounding System (maximal grounding)



**Gambar 2.15 Multi Grounding Rod**

Bila didapati kondisi tanah yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. kering atau air tanah dalam
2. kandungan logam sedikit
3. basa (berkapur)
4. pasir dan berpori (porous).

Maka penggunaan 2 cara sebelumnya akan sulit dan besar kemungkinan gagal untuk mendapatkan resistans kecil. Maka dari itu, teknis yang digunakan adalah dengan cara penggantian tanah dengan tanah yang mempunyai



sifat menyimpan air atau tanah yang kandungan mineral garam dapat menghantar listrik dengan baik. Ground rod ditancapkan pada daerah titik logam dan di kisaran kabel penghubung antar ground rod-nya. Tanah humus, tanah dari kotoran ternak, dan tanah liat sawah cukup memenuhi standar hantar tanah yang baik. Adapun cara pembuatannya adalah sebagai berikut.

1. Letak titik ground rod dibor dengan lebar kisaran 2 inci ( $\approx 0,0508$  meter) atau lebih.
2. Kemudian, diisi dengan tanah humus sampai penuh.
3. Kemudian, diisi air.
4. Kemudian, ground rod dimasukkan.
5. Parit penghubung antar ground rod yang sudah terpasang kabel penghubung (BC) ditimbun kembali dengan tanah humus.<sup>6</sup>

## 2.10 Penangkal Petir Tipe Emisi Aliran Mula (Early Streamer Emission)<sup>8</sup>

Belum lama ini ditemukan sistem penangkal petir yang menggunakan unsur radioaktif. Pada sistem ini terdapat pada kepala finialnya atau penangkap petir yaitu menggunakan unsur radioaktif, seperti yang dikembangkan oleh *Lightning Preventor of America*, adapun bentuk finial yang mengandung radioaktif dapat dilihat pada Gambar 2.11

Penangkal petir jenis emisi aliran mula yang menggunakan unsur radioaktif dilarang di Indonesia, penangkal petir ini dilarang oleh pihak Badan Tenaga Atom Nasional atau BATAN dikarenakan resiko yang ditimbulkan akan lebih besar dibandingkan fungsi dari penangkal petir tersebut, sehingga pada saat ini digunakan penangkal petir yang menggunakan Emisi Aliran Mula (*Early Streamer Emission*) yang bebas dari radioaktif.

<sup>6</sup> Rudi, kadek, dkk. 2018. *Analisis Sistem Pembumian untuk Mengamankan Instalasi Listrik*. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro. Bali : Universitas Udayana, Vol. 17, No. 2

<sup>8</sup> Sujito. 2008. *Implementasi Penangkal Petir Tipe Emisi Aliran Mula ( Early Streamer Emission ) Guna Mengurangi Dampak Sambaran Petir Pada Bangunan Gedung Bertingkat*. Journal:eJournal. Malang : Universitas Negeri Malang, Vol 10, No.2



**Gambar 2.16** *Early Streamer Emission*

Sistem penangkal petir Emisi Aliran Mula (*Early Streamer Emission*) secara umum merupakan perpaduan dari beberapa peralatan utamanya, dimana peralatan utamanya antara lain :

1. *Early Streamer Emission Lightning Control Terminal*, merupakan alat penangkap petir ( Finial ).
2. *Early Streamer Emission Lightning Carrier*, merupakan penghantar pentanahan.
3. *Early Streamer Emission Lightning Counter*, merupakan alat penghitung jumlah sambaran petir yang masuk. Ketiga peralatan di atas merupakan peralatan umum utama dari penangkal petir Tipe Emisi Aliran Mula (*Early Streamer Emission*).