

# PERHITUNGAN TAHANAN PENTANAHAN GARDU DI GRIYA KASWARI PALEMBANG

MARLIYUS SUNARHATI

*Dosen Tetap Yayasan Perguruan Tinggi Palembang  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Penduduk di Griya Kaswari Palembang  
e-mail : [marliyussunarhati@ymail.com](mailto:marliyussunarhati@ymail.com)*

## ABSTRAK

Sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu letak elektroda yang akan ditanam. Untuk menentukan suatu sistem pentanahan maka perlu dilakukan perhitungan nilai tahanan tanah.

Salah satu unsur yang perlu diperhatikan dalam perhitungan suatu sistem pentanahan adalah kondisi tanah didaerah dimana sistem pentanahan tersebut akan dipasang. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode satu batang elektroda dan dua batang elektroda yang ditanam ditinjau dengan kedalaman bervariasi. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui besar tahanan pentanahan pada tanah yang .

Dari hasil perhitungan diperoleh kesimpulan bahwa nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh kedalaman elektroda yang ditanam, jumlah elektroda, jarak antar elektroda dan kondisi tanah dimana elektroda tersebut ditanam

**Kata kunci : Perhitungan tahanan pentanahan, sistem pentanahan, nilai tahanan pentanahan.**

## 1.PENDAHULUAN

### 1.1 LatarBelakang

Sejalan dengan perkembangan peradaban manusia maka bertambah pula jumlah jurusan yang mengakibatkan bertambahnya penduduk di Griya Kaswari Palembang dengan demikian jumlah kebutuhan tenaga listrik bertambah. Dalam hal penyediaan atau penyaluran tenaga listrik dibutuhkan gardu distribusi.

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan kekonsumen atau untuk membagikan/mendistribusikan tenaga listrik pada beban/konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah. Dalam operasinya gardu dapat mengalami gangguan yang akan mengakibatkan terganggunya sistem tenaga listrik dan bahkan dapat menyebabkan terhentinya pelayanan energi listrik kepada pelanggan dan akibat dari gangguan tersebut dapat merusak peralatan-peralatan listrik.

Oleh karena itu untuk menghindari gangguan dan mencegah rusaknya peralatan pada gardu induk tersebut diperlukan suatu pengamanan berupa pentanahan. Mengingat pentingnya peranan suatu sistem pentanahan, maka sistem pentanahan yang telah terpasang harus mendapat pemeliharaan dan perawatan yang baik. Sistem pentanahan berfungsi untuk mengalirkan arus ketanah (bumi) jika terjadi gangguan arus lebih. Sesuai dengan standar PUIL, sistem pentanahan akan semakin baik jika mempunyai nilai tahanan (*resistance*) yang sangat kecil dengan nilai maksimum sebesar 5 ohm. Namun, nilai sistem pentanahan akan berubah jika terdapat perubahan iklim atau suhu dan gangguan alam lainnya. Dengan adanya sistem pentanahan yang baik, maka jika terjadi gangguan tidak membahayakan bagi pekerja ataupun peralatan-peralatan listrik.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Menentukan besar tahanan pentanahan menggunakan satu buah elektroda batang pada Gardu Penduduk di Griya Kaswari Palembang

1. Menentukan besar tahanan pentanahan menggunakan dua buah elektroda batang pada Gardu Penduduk di Griya Kaswari Palembang
2. Membandingkan besar tahanan pentanahan antara satu elektroda dan dua elektroda batang.

## **1.3. Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui besar tahanan pentanahan menggunakan satu buah elektroda batang pada Gardu Penduduk di Griya Kaswari Palembang
2. Mengetahui besar tahanan pentanahan menggunakan dua buah elektroda batang pada Gardu Penduduk di Griya Kaswari Palembang

## **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam penelitian ini, penulis akan menitik beratkan perhitungan resistansi pentanahan menggunakan satu elektroda batang dan dua elektroda batang pada sistem pembumian Gardu Penduduk di Griya Kaswari Palembang

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Gardu Distribusi [1]**

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk membagikan/mendistribusikan tenaga listrik pada beban/konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah.

### **2.2 Sistem Pentanahan**

Salah satu pengamanan yang paling baik terhadap peralatan listrik dari gangguan arus lebih ataupun hubungan singkat yaitu, dengan cara 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,

### **2.3 Fungsi dan Tujuan Pentanahan [2]**

Fungsi pentanahan adalah untuk mengalirkan arus listrik kedalam tanah melalui suatu elektroda tanah yang ditanam di dalam tanah jika terjadi suatu gangguan, disamping itu berfungsi sebagai pengamanan manusia dari listrik. 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 direncanakan sistem pentanahan. Adapun tujuan pentanahan peralatan-peralatan listrik yang ditanahkan antara lain :

- a. 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 tidaknormal.
- b. Untuk memperkecil bahaya *shock* pada manusia maupun hewan.
- c. Untuk menetralkan grounding tegangan yang terjadi pada permukaan tanah.

### **2.4. Komponen Pentanahan [3]**

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

### 2.4.1. Hantaran Penghubung

Seperti yang kita ketahui pada instalasi listrik suatu saluran penghantar yang menghubungkan titik kontak pada badan atau rangka peralatan listrik dengan elektroda bumi. Pada instalasi penangkal petir yaitu saluran penghantar yang menghubungkan titik kontak pada terminal pentanahan batang dengan elektroda bumi. Kalau generator atau transformator, yaitu menghubungkan titik netralnya dengan elektroda pentanahan.

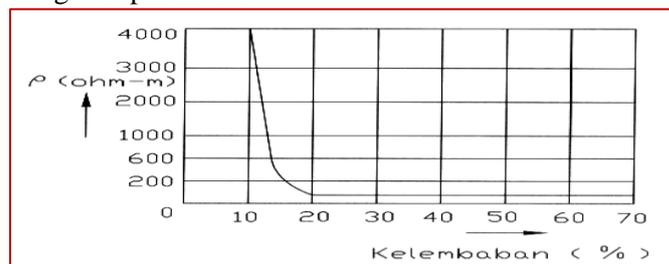
### 2.4.2. Elektroda Pentanahan

Yang dimaksud dengan elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Sedangkan menurut SNI 225-87/320.A.1, elektroda pentanahan adalah sebuah atau sekelompok penghantar yang mempunyai kontak yang erat dengan bumi dan mengentarai hubungan listrik dengan bumi. Elektroda pentanahan tertanam sedemikian rupa dalam tanah berupa pita logam, batang konduktor, pipa air minum dari tulang besi beton pada tiang pancang.

### 2.5. Pengaruh Kelembaban

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 elektrolisis, 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 di dalam tanah maka konduktivitas tanah akan semakin besar, sehingga tahanan jenis tanah akan turun sesuai dengan hubungan pada gambar 2.8 dibawah ini.

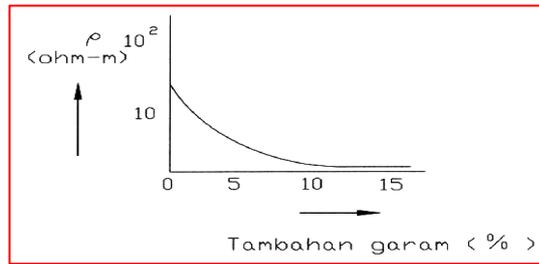
Tanah yang kering atau tanah dengan konsentrasi air dalam tanahnya rendah sekali dibawah 10 mempunyai tahanan jenis yang besar sekali atau dengan kata lain merupakan isolator yang baik. Tetapi dengan kenaikan konsentrasi air sampai 15 %, tahanan jenis tanah akan menurun dengan cepat sekali.



Gambar 2.8 Perubahan Tahanan Jenis Tanah Terhadap Kelembaban

Satu hal yang menarik dari gambar 2.8 adalah bahwa harga tahanan jenis tanah menunjukkan adanya kejenuhan untuk kelembaban harga tahanan diatas 15 %, maka kenaikan dsari kelembaban tidak banyak terhadap tahanan jenis tanah. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk menambakan elektroda pentanahan pada tempat yang berhubungan langsung dengan air tanah. Untuk melakukan hal ini elektroda-elektroda pentanahan ditanam di tempat-tempat yang cukup dalam di bawah 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 disekitar elektroda secara periodik yang terlihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Penggaramaan Tanah

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

### 2.6. Penghantar Tanah[4]

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 adadibawah ini :

Tabel 2.2 Perbandingan Antara Aluminium dan Tembaga <sup>1)</sup>

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

### 2.7. Hukum Ohm[6]

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 tahanan diperbesar 2 kali maka arus yang mengalir akan menjadi setengah dan jika tahanan diperkecil menjadi setengahnya, maka arusnya naik menjadi 2 kali. Arus dalam rangkaian akan naik apabila tahanan turun, dan arus turun jika tahanan naik. Untuk tegangan dc yaitu:

$$E = I.R \dots\dots\dots (2.3)^1$$

$$I = E/R \dots\dots\dots (2.4)^1$$

$$R = E/I \dots\dots\dots (2.5)^1$$

dimana :

E = Tegangan listrik dalam satuan (V)

I = Kuat arus dalam satuan (A)

R = Tahanan listrik dalam satuan (Ω)

## **2.8. Metode Pentanahan pada Gardu[5]**

Berikut penggunaan metode pentanahan pada gardu:

### **2.8.1. Kriteria Perencanaan Pentanahan[5]**

Yang menjadi kriteria dalam perencanaan pentanahan ialah keandalan yang tinggi dengan memperhatikan faktor keselamatan manusia dan ekonomi.

1. Faktor keandalan meliputi sistem ini meliputi antara lain:
  - a. Pemilihan cara pembumian netral sistem dan pengamanannya
  - b. Penyesuaiannya pada interkoneksi.
2. Faktor keselamatan adalah usaha keselamatan manusia dalam maupun diluar Gardu Induk. Faktor meliputi usaha-usaha:
  - a. Keselamatan dan keadaan tidak ada gangguan.
  - b. Keselamatan dalam keadaan ada gangguan.
3. Faktor ekonomi mempertimbangkan investasi dari:
  - a. Pemilihan pentanahan netral sistem dan pengamanannya.
  - b. Pemilihan tingkat isolasi dasar (TID) peralatan utama dan koordinasi isolasinya.
  - c. Usaha memperbaiki pengaruh induktif dan interferensi radio.
  - d. Faktor iklim juga bisa mempengaruhi besar tahanan pentanahan pada gardu induk

### **2.8.2. Pentanahan Peralatan Penangkal Petir[7]**

Arrester merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengamankan peralatan dalam sistem koordinasi isolasi pada instalasi tenaga listrik dari petir, maka pemasangan alat ini harus betul – betul memenuhi persyaratan teknis. Karena fungsi arrester adalah mengalirkan arus lebih ke tanah apabila terjadi gangguan petir maupun over voltage, maka sistem pembumiannya harus memenuhi standar yang ditentukan.

Dalam praktek kebanyakan arrester dilakukan dengan pentanahan lokal, yaitu rods yang dimasukan 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 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. 2AWG.

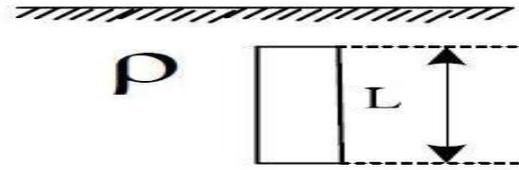
## **2.9. Menghitung Tahanan Pentanahan[8]**

Besar tahanan dari berbagai pentanahan tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

Elektroda batang adalah elektroda dari pipa atau besi profil yang dipasangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan sekaligus menjadi landasan teori – teori baru dari elektroda jenis lain. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu dengan menancabkannya ke dalam tanah. Kelebih elektroda jenis batang (ROD) adalah tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda ini sering digunakan pada gardu – gardu induk.

a. Elektroda Batang Tunggal



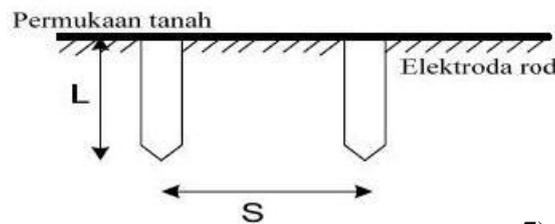
Gambar 2.14 Penggunaan Elektroda Batang Tunggal<sup>8)</sup>

$$R = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left[ \left( \ln \frac{4 \times L}{a} \right) - 1 \right] \quad \dots\dots\dots (2.6)^2)$$

Dimana :

- R = tahanan pentanahan (Ω)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ωm)
- L = panjang elektroda (m)
- a = jari-jari elektroda batang (m)

b. Dua Batang Elektroda



Gambar 2.15 Penggunaan Dua Batang Elektroda<sup>7)</sup>

$$R = \frac{\rho \times L}{4 \times \pi \times L} \times \left[ \left( \ln \frac{4 \times L}{a} \right) - 1 \right] + \frac{\rho \times S}{\pi \times L} \times \left( 1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{L^4}{5S^4} \right) \quad \dots\dots\dots(2.7)^2)$$

Untuk  $S > L$ , dan

$$R = \frac{\rho}{4 \times \pi \times L} \times \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right) \quad \dots\dots\dots (2.8)^2)$$

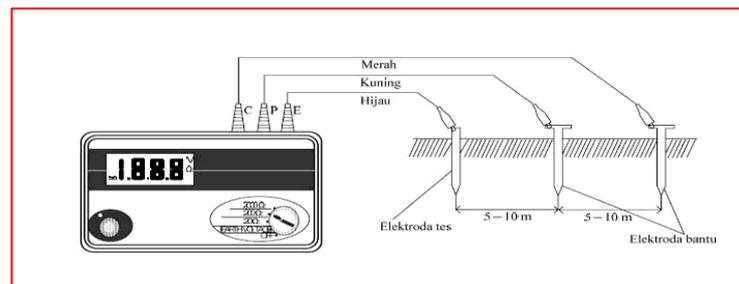
Untuk  $S < L$

Dimana :

- R = tahanan pentanahan (Ω)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ωm)
- L = panjang elektroda (m)
- S = jarak penanaman antara dua elektroda (m)
- a = jari-jari elektroda (m)

### 2.9.2. Langkah Pelaksanaan

1. Mengeluarkan semua kabel atau konduktor dari rangkaian peralatan
2. Membersihkan ujung kabel atau konduktor pentanahan yang akan diukur dengan menggunakan amplas atau sikat baja jika terdapat kotoran atau korosi
3. Memasang kabel pada terminal alat ukur
  - a. Kabel yang berwarna hijau (E) disambungkan ke kawat elektroda yang akan diukur nilai tahanannya (gambar 2.19)
  - b. Kabel yang berwarna kuning (P) disambungkan ke elektroda bantu alat ukur yang sudah ditanamkan di dalam tanah (gambar 2.19)
  - c. Kabel yang berwarna merah (C) disambungkan ke elektroda bantu alat ukur yang sudah ditanamkan di dalam tanah dengan jarak yang lebih jauh daripada kabel kuning gambar (2.19)



Gambar 2.21 Skema pemasangan kabel pada elektroda batang

4. Menanamkan kedua elektroda bantu alat ukur ke dalam tanah di dua titik. Kedua titik ini harus membentuk garis lurus dan berjarak 5 m yang merupakan jarak terdekat dari pentanahan peralatan yang akan diukur
5. Menghubungkan ujung kabel E ke kawat atau konduktor pentanahan peralatan yang akan diukur. Menghubungkan kabel kuning (C) dan kabel merah (P) ke elektroda bantu dengan posisi tegak lurus.
6. Setelah terminal sudah terpasang semua, menghidupkan alat Earth Tester Resistance, lalu menekan tombol ukur maka alat ini akan mulai mengukur
7. Mengamati dan mencatat penunjukkan angka pada layar alat ukur

### 2.9.3. Langkah Evaluasi Pengukuran [4]

- a. Membandingkan hasil pengukuran dengan standar PUIL
- b. Jika hasil pengukuran sesuai hentikan pengukuran atau pengukuran selesai, jika hasil pengukuran tidak sesuai dengan standar lakukan perbaikan dan mengukur kembalitanannya

### 2.9.4. Langkah Penyelesaian

- a. Menyimpan peralatan kerja dan alat ukur padatempatnya
- b. Memperhatikan apakah ada benda atau alat tertinggal pada lokasi pengukuran
  1. Memeriksa baut kawat pentanahannya
  2. Memeriksa sambungan (klem) pentanahannya
  3. Kelayakan kawat dalam menghantarkan arus gangguan ketanah

### 3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis melakukan observasi mengumpulkan data disistem tahanan pentahan Gardu di Penduduk di Griya Kaswari Palembang. Melakukan analisa data berdasarkan perhitungan dengan teori yang berhubungan dengan masalah Perhitungan tahanan pentanahan, sistem pentanahan, nilai tahanan pentanahan.

### 4. PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Tahanan pentanahan pada peralatan nilai tahananannya harus diusahakan sekecil mungkin untuk menyikapi berbagai gangguan. Dengan nilai tahanan yang kecil maka bila terjadi arus gangguan seperti hubung singkat akan dapat dialirkan ketanah.

#### 4.2 Perhitungan Tahanan Pentanahan

Perhitungan tahanan pentanahan untuk kedalaman penanaman satu batang elektroda dapat menggunakan persamaan:

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

Dan untuk perhitungan tahanan pentanahan untuk jarak penanaman dua batang elektroda juga dapat menggunakan persamaan:

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \times \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

Maka dapat diketahui bahwa:

$R$  = Tahanan dari satu batang elektroda ( $\Omega$ )

$L$  = Panjang batang elektroda kedalam tanah (cm)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -cm)

$a$  = Jari-jari batang elektroda (cm)

$s$  = Jarak penanaman antara kedua elektroda (cm)

#### 4.3. Perhitungan tahanan pentanahan untuk kedalaman penanaman satu batang elektroda.

Diketahui:

$$\rho = 10000 \Omega \text{cm}$$

$$a = 1,58 \text{ cm}$$

$$\pi = 3,14$$

➤ Untuk  $L=500$  cm

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

$$R = \frac{10000}{2 \times 3,14 \times 500} \times \left( \ln \frac{4 \times 500}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{3140} \times (4,8 - 1)$$

$$R = 3,18 \times (3,8)$$

$$R = 12,08 \Omega$$

➤ Untuk  $L=600$  cm

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

$$R = \frac{10000}{2 \times 3,14 \times 600} \times \left( \ln \frac{4 \times 600}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{3768} x (4,9 - 1)$$

$$R = 2,65 x (3,9)$$

$$R = 10,33 \Omega$$

➤ Untuk L=700 cm

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

$$R = \frac{10000}{2 x 3,14 x 700} x \left( \ln \frac{4 x 700}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{4396} x (5,02 - 1)$$

$$R = 2,27 x (4,02)$$

$$R = 9,12 \Omega$$

➤ Untuk L=800 cm

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

$$R = \frac{10000}{2 x 3,14 x 800} x \left( \ln \frac{4 x 800}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{5024} x (5,10 - 1)$$

$$R = 1,99 x (4,10)$$

$$R = 8,15 \Omega$$

➤ Untuk L=900 cm

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

$$R = \frac{10000}{2 x 3,14 x 900} x \left( \ln \frac{4 x 900}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{5652} x (5,18 - 1)$$

$$R = 1,76 x (4,18)$$

$$R = 7,35 \Omega$$

➤ Untuk L=1000 cm

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

$$R = \frac{10000}{2 x 3,14 x 1000} x \left( \ln \frac{4 x 1000}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{6280} x (5,24 - 1)$$

$$R = 1,59 x (4,24)$$

$$R = 6,74 \Omega$$

➤ Untuk L=1500 cm

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

$$R = \frac{10000}{2 x 3,14 x 1500} x \left( \ln \frac{4 x 1500}{1,58} - 1 \right)$$

$$R = \frac{10000}{9420} x (5,50 - 1)$$

$$R = 1,06 \times (4,50)$$

$$R = 4,77 \Omega$$

Tabel 4.1 Tahanan pentanahan Metode Satu Batang Elektroda

Tahanan Jenis Tanah ( $\Omega$ -cm)	Kedalaman Penanaman (cm)	Tahanan pentanahan ( $\Omega$ )
10.000	500	12,08
	600	10,33
	700	9,12
	800	8,15
	900	7,35
	1000	6,74
	1500	4,77

Berdasarkan perhitungan diatas jadi bisa menggunakan metode penanaman satu elektroda batang pada Gardu 2 di Politeknik Negeri Sriwijaya. Untuk mendapatkan tahanan pentanahan dibawah 5  $\Omega$ , maka kedalaman penanaman elektroda minimal 15 m. (berdasarkan perhitungan).

#### 4.4. Perhitungan tahanan pentanahan untuk kedalaman penanaman dua batang elektroda.

##### Perhitungan tahanan pentanahan untuk jarak penanaman elektroda.

Diketahui:

$$\rho = 10000 \Omega\text{cm}$$

$$a = 1,58 \text{ cm}$$

$$\pi = 3,14$$

$$s = 500 \text{ cm}$$

➤ L = 500 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \times \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4 \cdot 3,14 \cdot 500} \times \left( \ln \frac{4 \cdot 500}{1,58} + \ln \frac{4 \cdot 500}{500} - 2 + \frac{500}{2 \cdot 500} - \frac{500^2}{16 \cdot 500^2} + \frac{500^4}{512 \cdot 500^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{6280} \times (4,81 + 0,01 - 2 + 0,5 - 0,0625 + 0,0019)$$

$$R = 1,59 \times (3,25)$$

$$R = 5,16 \Omega$$

➤ L = 600 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \times \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4 \cdot 3,14 \cdot 600} \times \left( \ln \frac{4 \cdot 600}{1,58} + \ln \frac{4 \cdot 600}{500} - 2 + \frac{500}{2 \cdot 600} - \frac{500^2}{16 \cdot 600^2} + \frac{500^4}{512 \cdot 600^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{7536} \times (4,92 + 0,01 - 2 + 0,41 - 0,04 + 0,048)$$

$$R = 1,32 \times (3,78)$$

$$R = 4,98 \Omega$$

➤ L = 700 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} x \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4.3,14.700} x \left( \ln \frac{4.700}{1,58} + \ln \frac{4.700}{500} - 2 + \frac{500}{2.700} - \frac{500^2}{16.700^2} + \frac{500^4}{512.700^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{8792} x (5,02 + 0,01 - 2 + 0,35 - 0,03 + 0,0005)$$

$$R = 1,13 x (3,35)$$

$$R = 3,78 \Omega$$

➤ L = 800 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} x \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4.3,14.800} x \left( \ln \frac{4.800}{1,58} + \ln \frac{4.800}{500} - 2 + \frac{500}{2.800} - \frac{500^2}{16.800^2} + \frac{500^4}{512.800^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{10048} x (5,10 + 0,01 - 2 + 0,31 - 0,02 + 0,0002)$$

$$R = 0,99 x (3,4)$$

$$R = 3,36 \Omega$$

➤ L = 900 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} x \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4.3,14.900} x \left( \ln \frac{4.900}{1,58} + \ln \frac{4.900}{500} - 2 + \frac{500}{2.900} - \frac{500^2}{16.900^2} + \frac{500^4}{512.900^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{11304} x (5,18 + 0,01 - 2 + 0,27 - 0,019 + 0,00018)$$

$$R = 0,88 x (3,44)$$

$$R = 3,02 \Omega$$

➤ L = 1000 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} x \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4.3,14.1000} x \left( \ln \frac{4.1000}{1,58} + \ln \frac{4.1000}{500} - 2 + \frac{500}{2.1000} - \frac{500^2}{16.1000^2} + \frac{500^4}{512.1000^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{12560} x (5,24 + 0,01 - 2 + 0,25 - 0,015 + 0,00012)$$

$$R = 0,79 x (3,48)$$

$$R = 2,74 \Omega$$

➤ L = 1500 cm

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} x \left( \ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{4.3,14.1500} \times \left( \ln \frac{4.1500}{1,58} + \ln \frac{4.1500}{500} - 2 + \frac{500}{2.1500} - \frac{500^2}{16.1500^2} + \frac{500^4}{512.1500^4} \right)$$

$$R = \frac{10000}{18840} \times (5,50 + 0,01 - 2 + 0,16 - 0,006 + 0,00002)$$

$$R = 0,53 \times (3,67)$$

$$R = 1,94 \Omega$$

Tabel 4.2 Tahanan Pentanahan Metode Dua Batang Elektroda ( s < L )

Tahanan Jenis Tanah ( Ω-cm )	Jarak Penanaman ( cm )	Kedalaman Penanaman ( cm )	Tahanan Pentanahan( Ω )
10.000	500	500	5,19
		600	4,98
		700	3,78
		800	3,36
		900	3,02
		1000	2,74
		1500	1,94

Berdasarkan perhitungan di atas, jadi bisa ditentukan untuk metode penanaman elektroda pada Gardu 2 di Politeknik Negeri Sriwijaya menggunakan metode dua elektroda batang yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah. Untuk mendapatkan tahanan pentanahan dibawah 5 Ω, maka kedalaman penanaman elektroda minimal 6m (berdasarkan perhitungan).

## 5.PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan tahanan pentanahan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan untuk mencapai tahanan pentanahan dibawah 5 Ω yang sesuai dengan pedoman PUIL 2000 yang menggunakan metode penanaman satu batang elektroda minimal 15 meter.
2. Berdasarkan perhitungan untuk mencapai tahanan pentanahan dibawah 5 Ω yang sesuai dengan pedoman PUIL 2000 yang menggunakan metode penanaman dua elektroda batang minimal 6 meter.
3. Tahanan pentanahan untuk dua elektroda batang lebih kecil daripada menggunakan satu elektroda batang sehingga kedalaman penanamannya berkurang.

## DAFTAR PUSTAKA

1. AS Pabla dan Abdul Hadi. 1991. Sistem Distribusi Daya Listrik. Penerbit Erlangga. Jakarta.
2. TS Hutauhuruk. 1991. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Penerbit Erlangga. Jakarta.
3. PT PLN (Persero). 2012. SK Direksi Bidang Transmisi Sistem Pentanahan. Jakarta.
4. PT PLN (Persero). PUIL 2000
5. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/variabel-yangmempengaruhi-sistem-grounding/>, diakses pada 30 Mei 2013
6. Agus Purnama. 2013. Elektronika Dasar. Jakarta. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/nilai-resistansi-grounding-yang-baik/>, diakses pada 30 Mei 2013
7. PT PLN (Persero). 2011. Klasifikasi Gardu Induk. Jakarta. <http://www.pln.co.id/uipet/?p=672>, diakses pada 22 Juni 2013

8. SMKN 1 Singasari. 2012. Pentanahan dan Jenis Arde Tanah. Malang. [portal.smkn1-sgs.sch.id/Teacher/7.1.13.1/1.31/pentanahan.ppt](http://portal.smkn1-sgs.sch.id/Teacher/7.1.13.1/1.31/pentanahan.ppt), diakses pada 30 Juni 2013