

# PERUBAHAN KONFIGURASI ELEKTRODE PENTANAHAN BATANG TUNGGAL UNTUK MEREDUKSI TAHANAN PENTANAHAN

Wiwik Purwati Widyaningsih

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri  
Semarang, Jl. Prof Sudarto,SH. Tembalang

[Wiwik\\_pw\\_zm@yahoo.co.id](mailto:Wiwik_pw_zm@yahoo.co.id)

## Abstract

*Earthing system needs to be done, it aims to prevent the touch voltage, step voltage and the voltage move that endangers human and equipment failures due isolation. It required a low grounding resistance value or close to zero. Efforts was the instalation of the grounding electrode vertically on the soil clay and sand. The main goal is to get the system grounding resistance value is low, so that the fault current is uniformly distributed immediately into the ground. Decrease in resistance grounding with grounding electrode implantation deepens. Result obtained with a dept of one meter horizontally 59.59  $\Omega$  on clay and sand beach at 28.45 $\Omega$ , vertically 28.46  $\Omega$  at 7.26  $\Omega$  clay and sand in the soil.*

**Keywords :** "decrease in resistance, electrode configuration changes

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan pada sistem tenaga listrik maupun sistem instalasi listrik sebelum abad ke 19 tidak diperhatikan, waktu itu kapasitas arus gangguan yang terjadi relatif sangat kecil hanya kurang dari 5 Ampere. Jika terjadi gangguan satu fasa ke tanah dimana arus gangguan gangguan tersebut tidak lebih dari 5 Ampere, maka busur listrik yang ditimbulkan dari gangguan tersebut akan padam dengan sendirinya.

Perkembangan beban listrik terus meningkat setiap saat mengakibatkan sistem tenaga listrik berkembang menyesuaikan kebutuhan baik kapasitas, panjang jaringan maupun tegangannya, sehingga arus gangguan yang mengalir ke tanah juga lebih besar dan busur listrik yang ditimbulkan akibat gangguan tersebut tidak dapat padam dengan sendirinya. Hal ini dapat menimbulkan tegangan lebih transien yang sangat tinggi dan dapat membahayakan sistem, untuk itu diperlukan rancangan suatu sistem yang dapat mengatasi gangguan tersebut yaitu dengan *grounding system* atau sistem pentanahan.

Sistem pentanahan bertujuan untuk mendapatkan nilai tahanan tanah yang relatif kecil, dengan demikian arus gangguan secepatnya dapat terdistribusi secara merata

ke dalam tanah. Pengukuran tahanan jenis tanah perlu adanya karakteristik tanah yang merupakan faktor penting dan dapat mempengaruhi nilai tahanan pentanahan. Nilai tahanan jenis tanah tergantung pada jenis, lapisan, kelembaban dan temperatur tanah.

Salah satu sistem pentanahan yang sering dilakukan adalah dengan menanam elektroda batang tunggal pentanahan pada kedalaman tertentu sehingga nilai tahanan pentanahan relatif kecil. Perubahan diameter elektroda batang tunggal pentanahan berpengaruh sedikit terhadap perubahan nilai tahanan pentanahan (Tumiran dkk, 1990). Upaya untuk mendapatkan nilai resistans jenis tanah yang lebih rendah sering dilakukan dengan mengubah komposisi kimia tanah (*Soil Treatment*). Selain itu dapat diupayakan dengan cara memperdalam penanaman elektrode pentanahan, merubah diameter elektrode pentanahan, merubah konfigurasi elektrode pentanahan.

Pentanahan pengaman merupakan suatu tindakan pengamanan dalam instalasi yang rangkaianannya di tanahkan dengan cara mentanahkan badan peralatan yang diamankan, sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tercegahlah tegangan sentuh yang membahayakan peralatan (PUIL 2000). Sistem pembumian dapat bekerja efektif, apabila (Pabla, 1986) :

- a. Jalur ke tanah mempunyai nilai impedans yang rendah untuk pengamanan personil dan peralatan
- b. Dapat melawan, menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung.
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

Nilai tahanan murni sistem pentanahan diakibatkan oleh resistivitas tanah ( $\rho$ ). Nilai induktansi ( $L$ ) dipengaruhi oleh panjang kedalaman penanaman elektrode dan sifat permitivitas tanah  $\epsilon = 1$ . Semakin dalam penanaman elektrode akan semakin besar nilai induktansinya. Nilai kapasitans dipengaruhi oleh arus yang diinjeksikan pada elektrode sistem pentanahan, dengan demikian elektrode tersebut akan bertegangan. Beda potensial antara elektrode batang tunggal dengan titik nol referensi menyebabkan sifat kapasitansi sistem pentanahan tersebut mempunyai sifat permitivitas  $\epsilon$ .

Perhitungan secara empirik, besar nilai tahanan pada elektrode yang ditanam dalam tanah, berdasarkan Pesonen (1960) :

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{4l}{d} - 1 \right) \dots\dots\dots(1)$$

Tujuan sistem pentanahan adalah (Standart IEEE Std 142 – 2007) :

- a. Membatasi tegangan terhadap tanah agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
- b. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

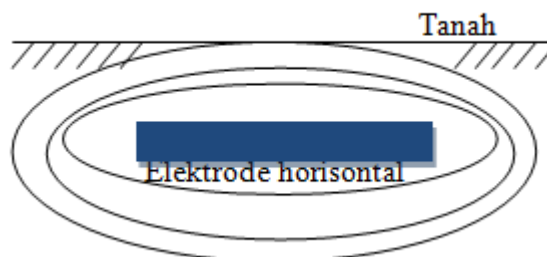
Tujuan dari pentanahan peralatan (Hutaauruk,1991) :

- 1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.
- 2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
- 3. Untuk memperbaiki penampilan dari sistem.

Usaha untuk menurunkan tegangan permukaan tanah dapat dilakukan dengan menurunkan tahanan jenis tanah dan dapat juga

dilakukan dengan konfigurasi elektrode. Tahanan jenis tanah dapat diturunkan dengan cara memperlakukan khusus tanah (*soil treatment*) yaitu memberikan zat tertentu (bentonit, arang, gypsum, garam, asam sulfat, magnesium sulfat dsb) kedalam tanah. Sedangkan untuk konfigurasi elektrode dapat dilakukan dengan posisi peletakan elektrode tersebut secara vertikal, horisontal, grid, dan gabungan antara grid dengan vertikal.

Konfigurasi elektrode pentanahan secara horisontal dapat dilakukan pada daerah yang tanahnya keras dan berbatu, atau dapat dilakukan dengan perlakuan khusus terhadap tanah (*soil treatment*). Jika terjadi gangguan pada sistem maka arus akan mengalir kedalam elektrode tersebut dan menyebar ke dalam tanah, sehingga mengakibatkan naiknya beda potensial pada permukaan tanah. Kedalaman penanaman elektrode secara horisontal dapat mengakibatkan kepadatan arusnya semakin berkurang.



Gambar 1. Posisi Elektrode Horisontal

Besarnya nilai tahanan pentanahan :

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

Keterangan :

$R$  = tahanan pentanahan elektroda pita ( $\Omega$ )

$\rho$  = tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ )

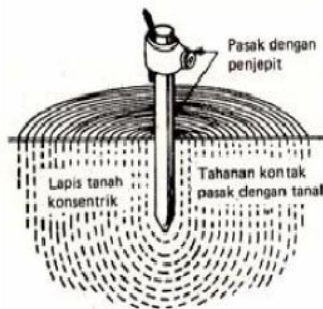
$L$  = panjang elektroda pita yang tertanam (m)

$d$  = lebar pita/diameter elektroda pita kalau bulat (m)

Konfigurasi elektrode horisontal digunakan sebagai elektroda pengatur yaitu mengatur kecuraman gradien tegangan guna menghindari tegangan langkah yang besar dan berbahaya terhadap sistem maupun manusia.

Struktur tanah yang tidak terlalu keras atau tanah yang agak lembek dapat menggunakan konfigurasi elektrode secara vertikal. Lapisan-lapisan tanah yang mengelilingi elektrode pentanahan dianggap serba sama dan mempunyai ketebalan yang sama pula. Lapisan yang paling

dekat dengan elektroda pentanahan mempunyai luas penampang terkecil, sedangkan lapisan yang berikutnya mempunyai luas penampang lebih besar, dengan demikian tahanannya akan lebih rendah. Demikianlah seterusnya sampai pada suatu jarak tertentu dimana lapisan berikutnya tidak akan menambah tahanan secara berarti. Untuk memperoleh tahanan pembumian yang kecil adalah dengan membuat permukaan elektroda bersentuhan dengan tanah sebesar mungkin. Besar nilai tahanan pembumian untuk  $L \gg a$  :



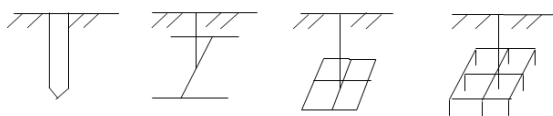
Gambar 2. Posisi Elektrode Vertikal

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d} - 1\right) \dots (3)$$

Elektroda pentanahan merupakan penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan untuk melewatkan arus apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah. Besaran tahanan tanah disekitar elektroda pentanahan tergantung pada tahanan jenis tanah. Beberapa komponen tahanan pada sistem pentanahan yang berpengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan yaitu :

1. Tahanan elektroda pentanahan beserta sambungan-sambungannya.
2. Tahanan kontak antara elektroda pentanahan dengan tanah disekitarnya.
3. Tahanan tanah disekitarnya.

Konfigurasi elektrode sistem pentanahan :



Gambar 3. Konfigurasi Elektrode Pentanahan

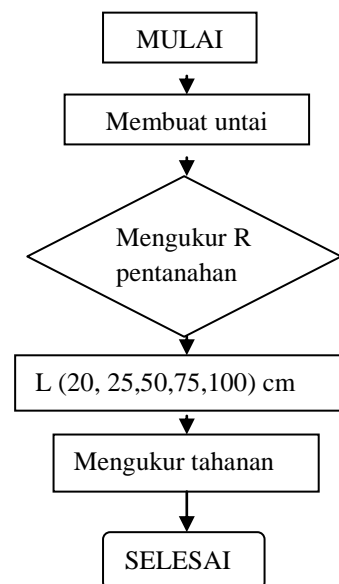
Konfigurasi elektrode secara vertikal dapat digunakan untuk sistem pengamanan peralatan listrik.

## 2. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini sebagai berikut :

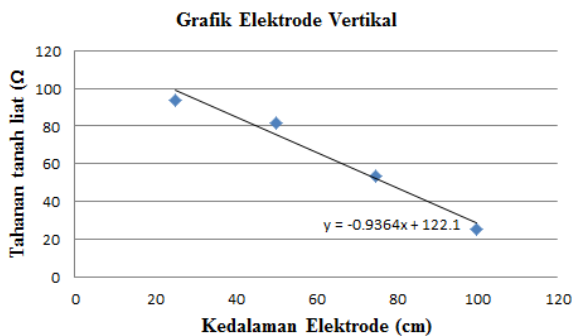
1. Lokasi pengujian ditentukan lebih dulu
2. Pengujian tahanan pentanahan hendaknya dilakukan pada musim kemarau, hal ini bertujuan untuk menjaga keakuratan data pengujian
3. Nilai tahanan pentanahan dianggap seragam, sehingga perlu adanya pengukuran tahanan jenis tanah dilokasi pengujian yang kemudian hasilnya digunakan sebagai acuan pengujian tahanan pentanahan
4. Konfigurasi secara vertikal untuk elektrode pentanahan batang tunggal dengan kedalaman penanaman 20 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm
5. Melakukan pengujian tahanan pentanahan untuk kedalaman penanaman elektrode tersebut dengan menggunakan metode tiga titik dan dilakukan sebanyak lima kali pengujian setiap kedalaman penanaman elektrode pentanahan batang tunggal
6. Mengulangi langkah nomer 4 dan nomer 5 untuk konfigurasi horisontal.

Diagram alir pengujian :

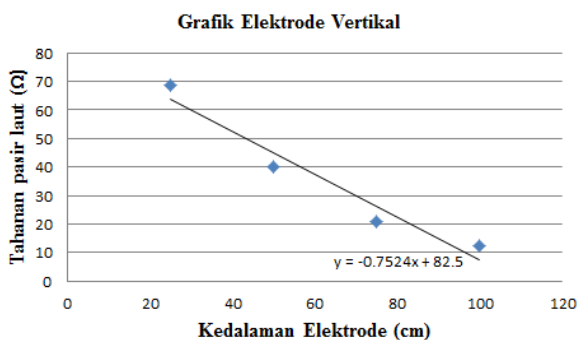


Gambar 4. Diagram alir pengujian

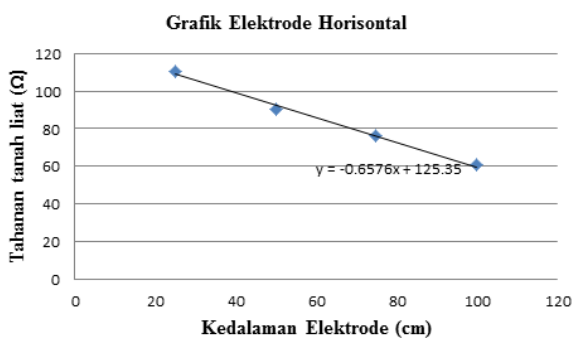
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN



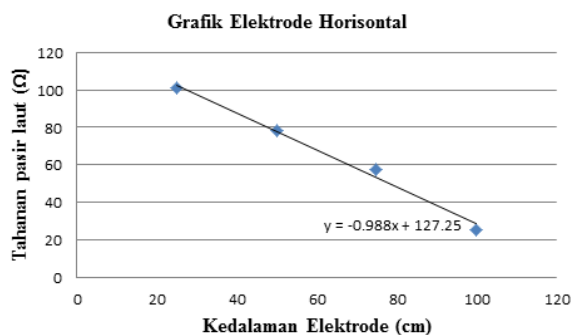
Gambar 5. Grafik Elektrode Vertikal pada Tanah Liat



Gambar 6. Grafik Elektrode Vertikal pada Tanah Pasir Laut



Gambar 7. Grafik Elektrode Horizontal pada Tanah Liat



Gambar 8. Grafik Elektrode Horizontal pada Tanah Pasir Laut

Berdasarkan gambar 5 sampai dengan gambar 8, bahwa semakin dalam penanaman elektrode pentanahan secara horisontal maupun vertikal pada tanah liat dan tanah pasir laut mempunyai nilai tahanan pentanahan semakin rendah, hal ini disebabkan oleh elektrode tersebut semakin mendekati mata air. Kedalaman penanaman yang sama baik secara horisontal maupun vertikal, tanah pasir laut yang mempunyai nilai tahanan pentanahan lebih rendah jika dibandingkan dengan tanah liat. Penyebabnya adalah garam merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah ( $\rho$ ).

Konfigurasi elektrode secara horisontal mempunyai nilai tahanan pentanahan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan vertikal, ini disebabkan lapisan tanah didekat maupun yang jauh dengan elektrode mempunyai luas sama (hanya dalam satu lapisan tanah). Berbeda dengan konfigurasi elektrode secara vertikal, lapisan yang paling dekat dengan elektrode pentanahan mempunyai luas penampang yang terkecil sehingga nilai tahanannya tinggi, lapisan berikutnya mempunyai luas lebih besar sehingga tahanannya rendah.

### 4. KESIMPULAN

1. Pelaksanaan pengujian nilai tahanan pentanahan hendaknya pada musim kemarau untuk mendapatkan hasil yang akurat.
2. Semakin dalam penanaman elektrode pentanahan baik secara horisontal maupun vertikal mempunyai nilai tahanan pentanahan yang rendah.
3. Lapisan tanah yang paling dekat dengan elektrode pentanahan mempunyai luas penampang yang terkecil sehingga tahanan pentanahannya besar, lapisan tanah berikutnya mempunyai luas lebih besar sehingga nilai tahanan pentanahan kecil.
4. Konfigurasi elektrode pentanahan secara horisontal pada kedalaman 100 cm :
  - a. Tanah liat mempunyai tahanan pentanahan 59,59 Ω
  - b. Tanah pasir laut mempunyai tahanan pentanahan 28,45 Ω
5. Konfigurasi elektrode pentanahan secara vertikal pada kedalaman 100 cm :
  - a. Tanah liat mempunyai tahanan pentanahan 28,46 Ω
  - b. Tanah pasir laut mempunyai tahanan pentanahan 7,26 Ω

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi, 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000. Jakarta : Yayasan PUIL
- Hutahuruk, T.S 1991, Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan Edisi ke 2. Erlangga, Jakarta
- I Ardani , Anggoro Bambang, S Kudrat , IS Ngapuli , MP Parouli , 2002, "Perilaku Impedansi Pengetanahan Batang Konduktor Terhadap Injeksi Arus Bolak-balik, FOSTU, Yogyakarta.
- IEEE Standard 142, 1982, IEEE Recommended Practice For Grounding of Industrial And Commercial Power System, Vol 11, American National Standard Institute, USA
- Tadjudin, 1998, Elektrode Batang Mereduksi Tahanan. Ujung Pandang
- Tumiran, Sasongko. P.H, 1990, Pengaruh Resistivitas Tanah dan Distribusi Pentanahan Terhadap Pentanahan dengan Menggunakan Berbagai Tipe Ground Rod, Yogyakarta, UGM
- PW, Wiwik, 2009, Metode Reduksi Impedans Pentanahan Elektrode Batang Tunggal Dengan Bentonit Di Imogiri, Yogyakarta, UGM