

# ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN PENANAMAN ELEKTRODA PEMBUMIHAN SECARA HORIZONTAL TERHADAP NILAI TAHANAN PEMBUMIHAN PADA TANAH LIAT DAN TANAH PASIR DI SEMARANG

Wiwik Purwati Widyaningsih, Suwarti, Wildan Aswin Bahar

Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

Email : [wiwik\\_pw\\_zm@yahoo.co.id](mailto:wiwik_pw_zm@yahoo.co.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan nilai tahanan jenis tanah yang sekecil mungkin, dan penelitian ini dilakukan di lahan pelatiba Koramil 12 Tembalang dan Pantai Cipta Tanjung Mas Semarang. Jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah liat dan tanah pasir, dengan memosisikan elektroda utama secara horizontal. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode tiga titik (*three point methode*) dan elektroda pembumihan diposisikan secara horizontal. Semakin dalam kedalaman penanaman elektroda pembumihan nilai tahanan pembumihan semakin rendah. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini pada kedalaman 100 cm adalah nilai tahanan pembumihan sebesar 15,1 Ohm untuk tanah pasir dan untuk tanah liat sebesar 88,3 Ohm.

**Kata kunci** : Soil treatment, kedalaman penanaman elektroda

## 1. Pendahuluan

Sistem pembumihan merupakan suatu sistem yang terpenting dalam sistem tenaga listrik guna mengamankan terhadap adanya gangguan intern maupun ekstern. Gangguan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya hubung-singkat sehingga menjadikan tidak aman dan tidak nyaman terhadap manusia maupun peralatan listrik.

Berdasarkan Standard Nasional Indonesia (SNI), untuk gardu induk atau jaringan transmisi udara biasanya nilai *grounding system* nya antara 5-10 Ohm. Apabila nilai tahanan pembumihan masih tinggi maka perlu adanya penurunan nilai tahanan pembumihan dengan cara merubah kedalaman penanaman elektroda pembumihan, memperbesar diameter elektroda batang, *soil treatment*, memperluas luasan elektroda plat

Tujuan sistem pembumihan berdasarkan standard IEEE std 142-2007 adalah sebagai berikut :

- Membatasi besarnya tegangan terhadap tanah agar berada dalam batasan yang diperbolehkan
- 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.

Karakteristik sistem pembumihan yang efektif antara lain :

- Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
- Verifikasi secara visual dapat dilakukan
- Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat listrik
- Semua komponen metal harus diikat oleh sistem pembumihan, dengan tujuan untuk meminimalkan arus gangguan listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

Bagian instalasi yang harus dibumihkan atau di *ground* kan adalah :

- Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam dan dengan mudah disentuh manusia. Hal ini perlu dilakukan agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah tempat manusia berpijak

- sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
- b. Bagian pembuangan muatan listrik dari *lightning arrester*. Hal ini diperlukan agar *lightning arrester* berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah dengan lancar.
  - c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi merupakan kawat tanah yang dipasang di udara, apabila ada petir yang menyambar kawat maka petir tersebut dapat disalurkan ke dalam tanah.
  - d. Titik netral dari Transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah, Dalam kenyataan tahanan pembumian mempunyai nilai tahanan tidak melebihi 4 Ohm. Secara teoritis tahanan dari tanah adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga artinya nilai tahanan pembumian nilainya tidak nol.
  - e. Hal ini disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pembumian dengan tanah dimana alat tersebut terpasang dalam tanah.
  - f. Sistem pembumian apabila tahanan jenisnya kecil maka nilai tahanannya akan semakin baik terutama untuk pengamanan personil maupun peralatan. Beberapa standard yang telah disepakati adalah bahwa saluran transmisi harus direncanakan nilai tahanan pembumian tidak melebihi 1 Ohm. Untuk gedung maksimum diijinkan nilai tahanan pembumian tidak melebihi 1 Ohm, untuk gedung maksimum diijinkan 5 Ohm (PUIL 2000). Besarnya nilai tahanan pembumian elektroda yang menggunakan bahan tertentu dapat mengurangi besar tahanan pembumia.

## 2. Tinjauan Pustaka

Elektroda pembumian merupakan suatu penghantar yang sengaja ditanam di dalam tanah untuk mendapatkan tahanan kontak baik antara bagian-bagian tertentu dari instalasi listrik atau bagian-bagian yang

ditanam dengan tanah. Elektroda yang digunakan untuk pembumian harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain memiliki konduktivitas dan kekuatan mekanis yang tinggi, tahan terhadap korosi.

Nilai resistans pembumian yang rendah sering dilakukan dengan memparalel batang pembumian. Cara lain untuk memperoleh nilai resistans pembumian yang rendah pada daerah yang mempunyai nilai resistans jenis tanah yang tinggi yaitu dengan menambahkan bentonit ( $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), kokas atau arang, garam, tepung logam, semen konduktif kedalam tanah dimana elektroda pembumian ditanam. Bentonit merupakan suatu bahan seperti lempung yang mempunyai sifat menyerap air, juga dapat mempertahankan kelembaban tanah, hal ini disebabkan oleh kandungan air yang ada dalam bentonit ( $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$ ). Pengkondisian tanah dengan cara tersebut harus disesuaikan dengan kondisi lokasi yang akan digunakan untuk penelitian dan tergantung pada :

- a. Besarnya nilai resistans tanah efektif yang dapat dicapai
- b. Kemudahan untuk mendapatkan bahan.
- c. Kemudahan dalam pemasangan.
- d. Kemudahan dalam pemeliharaan.
- e. Bahaya korosi terhadap elektrroda batang pentanaman.

Pengaruh musim dapat mengurangi variasi resistans jenis tanah, untuk itu perlu elektroda batang tunggal pembumian yang ditanam sampai mencapai kedalaman dimana terdapat air tanah yang konstan. Sistem pembumian yang tidak mungkin atau tidak perlu elektrodanya ditanam dengan kedalaman yang lebih dalam hingga mencapai air tanah yang konstan, maka variasi resistans jenis tanah sangat besar. Apabila penanaman elektroda batang tunggal pembumian memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi, nilai resistans jenis tanah harus diambil untuk keadaan yang paling buruk yaitu tanah kering dan dingin, nilai resistans jenis tanah tersebut biasanya diambil yang paling besar.

Berdasarkan PUIL, 2000 bahwa jenis elektroda pembumian yang dipakai ada

berbagai jenis yaitu elektroda bentuk pita, elektroda bentuk bulat, elektroda bentuk pilin atau lebih dikenal elektroda bentuk plat. Untuk susunan elektroda pembumian dibedakan menjadi dua yaitu elektroda pembumian secara vertikal dan elektroda secara horisontal. Salah satu jenis elektroda yang sangat praktis digunakan adalah elektroda pembumian berpenampang bulat pejal yang diberi lapisan tembaga atau lebih dikenal dengan ground rod (batang pembumian)

Penurunan nilai tahanan jenis tanah dapat juga dilakukan dengan berbagai cara yaitu salah satunya dengan menggunakan metode reduksi impedans pembumian elektroda batang tunggal dengan soil treatment menggunakan bentonit (Wiwik PW, 2009). Pembumian dengan batang sebaiknya harus dalam keadaan menjangkau air tanah yang permanen. Perubahan diameter batang pembumian hanya berpengaruh sedikit pada nilai resistans pembumian (Tumiran, 1990).

Daerah-daerah yang tanahnya keras dan berbatu lebih praktis kalau menggunakan pembumian secara horisontal karena tidak memerlukan penanaman yang dalam, tetapi perlakuan khusus tanah disekitar penanaman elektroda atau lebih dikenal dengan soil treatment. Sedangkan untuk daerah yang struktur tanahnya tidak terlalu keras, pembumian secara vertikal dapat dipakai (Arismunandar, 1991).

Metode untuk menurunkan nilai tahanan pembumian antara lain :

a. Penambahan batang elektroda pembumian, metoda ini lebih dikenal dengan paralel elektroda pentanahan. Metoda ini mudah dan lebih baik untuk menurunkan nilai resistans tanah. Sebagai contoh paralel dua buah elektroda batang tunggal pentanahan yang akan mempunyai nilai resistans paralel ( $R_p$ ) sebesar 60 % dari nilai resistans elektroda batang tunggal pentanahan. Untuk paralel tiga buah elektroda batang tunggal pentanahan, akan mempunyai nilai resistans paralel ( $R_p$ ) sebesar 40 % dari

nilai resistans elektroda batang tunggal pentanahan.

b. Penambahan panjang batang elektroda pembumian, semakin dalam penanaman elektroda batang tunggal pentanahan ke dalam tanah akan menurunkan nilai resistans tanah. Panjang elektroda pentanahan normal 2.5 meter hingga 3.0 meter. Semakin dalam penanaman elektroda batang tunggal pentanahan maka nilai resistivitas tanah juga semakin turun, hal ini akibat dari semakin dekatnya kandungan embun tanah.

Menurut HB Dwight, 1936 bahwa besarnya nilai resistans pembumian :

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

Keterangan :

$R$  = Tahanan pembumian ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis ( $\Omega m$ )

$L$  = Panjang elektroda pembumian (m)

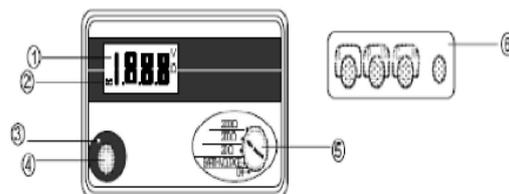
$a$  = Jari-jari elektroda pembumian (m)

### 3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh diagram alir, gambar 1.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Satu unit alat Resistance Tester dengan spesifikasinya sebagai berikut :
  - Sumber tenaga : 9 V DC jenis baterai R6P (SUM-3)x6
  - Jenis : Digital Earth Resistans Tester 4105A
  - Digital Earth Resistans Tester berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pembumian yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai 2000 Ohm

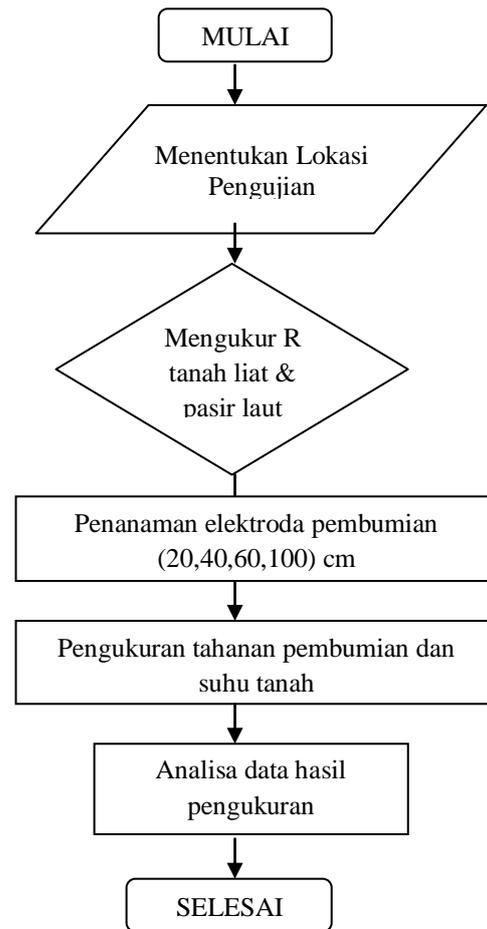


b. Dua buah elektroda batang sebagai elektroda bantu yang terbuat dari bahan besi berlapis galvanis dengan panjang

masing-masing 15 cm, elektroda bantu tersebut berfungsi membantu elektroda utama dalam proses pembacaan tahanan pembumian.

- c. Kabel penghubung pada Digital Earth Resistans Tester terdiri dari :
  - Merah : 10 meter
  - Kuning : 7 meter
  - Hijau : 5 meter

Kabel penghubung berfungsi untuk menghubungkan antara elektroda utama dengan elektroda bantu guna mengukur nilai resistans. Elektroda utama dihubungkan dengan kabel penghubung yang berwarna hijau, elektroda bantu yang pertama dihubungkan dengan kabel penghubung berwarna kuning sedangkan elektroda bantu ke dua dihubungkan dengan kabel penghubung berwarna merah
- d. Thermometer digunakan untuk mengukur suhu didalam tanah, agar dapat diketahui apakah tanah bagian dalam masih mengandung air atau tidak. Pengukuran dilakukan pada kedalaman (20, 40, 60, 80 dan 100) cm
- e. Martil memiliki berat 2 kg yang berfungsi untuk memasukan elektroda dalam tanah dengan cara memukul elektroda tersebut pada kedalaman 15 cm
- f. Meteran sepanjang 10 meter yang berfungsi untuk mengukur jarak antara elektroda utama dengan elektroda bantu pertama maupun elektroda bantu ke dua dan juga untuk mengukur kedalaman penanaman elektroda.
- g. Linggis yang terbuat dari besi berfungsi untuk mempermudah penggalian tanah guna menempatkan elektroda
- h. Cangkul berfungsi untuk mengambil tanah dari hasil galian linggis
- i. Sekop berfungsi sama seperti cangkul hanya saja sekop untuk mengambil tanah yang lebih dalam



Gambar 1. Diagram alir

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Tanah liat yang digunakan untuk penelitian ini adalah di Koramil 12 Tembalang dan tanah pasir laut di Pantai Cipta Tanjung Mas Semarang.
- b. Dua batang elektroda terbuat dari tembaga murni berdiameter ¼” dan panjang masing-masing 110 cm, yang digunakan sebagai elektroda utama pada pengujian tanah liat dan sebagai elektroda utama untuk pengujian pasir laut

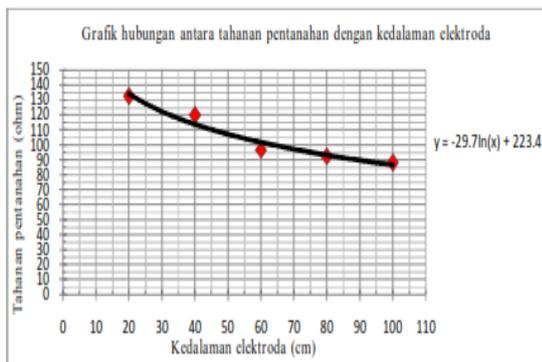
#### 4. Hasil dan Analisa

Tabel 4.1 Tanah liat

NO	L Elektroda (cm)	Rtanah (Ω)	Suhu tanah (°C)	ρ tanah (Ωm)
1	20	132,7	33	3016
2	40	120	32	4846
3	60	96,7	31	5498
4	80	92,3	30	6706

5	100	88,3	29	7769
---	-----	------	----	------

Berdasarkan pengujian hasilnya dapat terlihat pada tabel 4.1, dan dari persamaan (1) dapat diperoleh nilai tahanan jenis tanah yang besarnya seperti tabel 4.1. Pada saat kedalaman penanaman elektroda pembedaan 20 cm nilai tahanan pembedaan sebesar 132,7 Ohm dan dengan kedalaman 100 cm nilai tahanan pembedaan 88,3 Ohm. Dengan penambahan kedalaman penanaman elektroda pembedaan nilai tahanan pembedaan semakin rendah hal ini diakibatkan oleh suhu tanah yang semakin rendah atau semakin lembab. Semakin dalam penanaman kedalaman elektroda pembedaan semakin dekat dengan sumber mata air, dengan demikian nilai tahanan pembedaan juga semakin rendah. Tabel 4.1 dapat dibuat grafik seperti terlihat pada grafik 4.1.

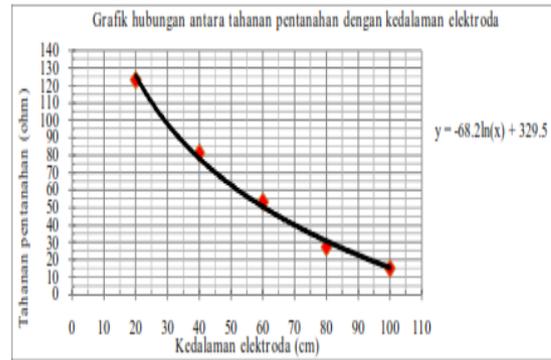


Grafik 4.1 Elektroda dalam Tanah liat

Tabel 4.2 Pasir laut

NO	L Elektroda (cm)	R pasir laut (Ω)	Suhu pasir laut (°C)	ρ pasir laut (Ωm)
1	20	123	36	2796
2	40	81,1	34	3275
3	60	53,3	32	3031
4	80	27,2	31	1976
5	100	15,1	29	1328

Berdasarkan tabel pengujian 4.2 nilai tahanan pembedaan semakin rendah ketika elektroda ditanam dalam pasir laut semakin dalam. Air laut mempunyai tahanan jenis tanah yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tahanan jenis tanah liat, karena tanah liat kandungan air lebih rendah.



Gambar 4.2 Grafik dalam pasir laut

### 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

- Kedalaman penanaman elektroda pada tanah liat sedalam 100 cm mempunyai nilai tahanan jenis tanah sebesar 7769 Ωm
- Kedalaman penanaman elektroda pada pasir laut sedalam 100 cm mempunyai nilai tahanan jenis tanah sebesar 1328 Ωm
- Kedalaman penanaman elektroda pada kedalaman sedalam 100 cm mempunyai nilai tahanan pembedaan 15,1 Ω pada pasir laut, sedangkan untuk tanah liat nilai tahanan pembedaan 88,3 Ω
- Semakin dalam penanaman elektroda pada tanah liat maupun pasir laut nilai tahanan pembedaan semakin rendah, hal ini dipengaruhi semakin dekat sumber mata air.

### Daftar Pustaka

Badan Estándar Nasional 2000, Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), Jakarta : Yayasan PUIL

Hutahuruk, TS 1987, Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Jakarta : Erlangga

IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power System. Power System Engineering Committe of The IEEE Industry Application Society, IEEE Standard Board 142,1991

Munandar, A Aris, Dr, MSC. Teknik Tenaga Listrik II, Jakarta : Pradnya Paramita

- Susumu Kawahara, Dr. Transmisi Distribusi,  
Jakarta : Pradnya Paramita
- Pabla, AS, 1994. Sistem Distribusi Daya  
Listrik, Jakarta : Erlangga
- Tadjudin, 1998. Elektroda Batang Mereduksi  
Tahanan. Ujung Pandang
- Tumiran, Sasongko, P.H, 1990. Pengaruh  
Resistivitas Tanah dan Distribusi Ground  
Rod (Batang Pembedaan), Yogyakarta :  
Laporan Penelitian Fakultas Teknik  
UGM.