

Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian *Driven Rod* terhadap Resistansi Jenis Tanah

MANAGAM RAJAGUKGUK

*Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
Jl. Ahmad Yani Pontianak 78124*

Abstrak: Nilai resistansi jenis tanah dipengaruhi beberapa faktor yaitu jenis tanah (liat,berpasir dan berbatuan), lapisan tanah, kelembaban tanah,temperatur. Pengukuran resistansi jenis tanah pada keadaan dalam banyak mengalami kendala serta membutuhkan waktu dan peralatan yang komplit. Pengukuran dilapangan menggunakan metode empat titik susunan Wenner dengan kedalaman 10 cm - 150 cm dan jarak antar elektroda adalah 3m. Dengan metode C.J Blattner keterbatasan alat pengukuran resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam, dapat digantikan karena pada metode ini hanya menggunakan 2 buah hasil pengukuran pada kedalaman 100 cm – 150 cm sebagai titik referensi dalam memperkirakan nilai resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam. Hasil perhitungan nilai rata – rata resistansi jenis tanah di atas kedalaman 2m untuk tanah pertanian adalah 53,64 Ω -m dan cenderung menurun secara konstan dengan nilai berkisar antara (54,98-52,38) Ω -m, pada tanah pasir basah adalah 124,775 Ω -m dan juga cenderung menurun secara konstan dengan nilai berkisar antara (132,1-120,41) Ω -m, sedangkan pada tanah bebatuan bercampur pasir adalah 1275,748 Ω -m dan terjadi peningkatan dengan nilai antara (511,04-1716,8) Ω -m.Berdasarkan hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai resistansi pentanahan dibawah 5 Ω penanaman optimal batang tunggal elektroda pada tanah pertanian adalah 14 m dengan nilai resistansi pentanahan 4,85 Ω , tanah pasir basah adalah 28,5 m dengan nilai resistansi pentanahan 4,98 Ω , dan tanah batuan bercampur pasir adalah 49m dengan nilai resistansi pentanahan 4,02 Ω .

Keywords: resistansi, tanah, elektroda, pembumian

Sistem pembumian merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus lebih dan tegangan lebih. Pada saat terjadi gangguan di sistem tenaga listrik, adanya sistem pembumian menyebabkan arus gangguan dapat cepat dialirkan ke dalam tanah dan disebarkan kesegala arah. Arus gangguan ini menimbulkan gradient tegangan antara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah, serta pada permukaan tanah itu sendiri. Besarnya gradien tegangan pada permukaan tanah itu tergantung pada resistansi jenis tanah. Salah satu usaha untuk memperkecil gradient tegangan permukaan tanah yaitu dengan suatu elektroda pembumian yang ditanam ke dalam tanah

Pada awalnya metode-metode pengukuran resistansi jenis tanah banyak mengalami keterbatasan dalam hal pengukuran resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam. Sehingga

menyebabkan para perancang harus mempertimbangkan dengan baik sistem pembumian yang akan digunakan karena pada kondisi tersebut lapisan atas tanah mempunyai nilai resistansi jenis yang relatif tinggi.

Nilai resistansi tanah sangat dipengaruhi oleh nilai resistansi jenisnya. Sehingga perlu dilakukan suatu pengukuran secara akurat dari karakteristik tanah yang ada dan biasanya dalam pengukuran keadaan lebih dalam akan ditemukan kendala dalam pengukuran resistansi jenis tanah, karena akan membutuhkan waktu dan peralatan yang lebih komplis sehingga tidak efisien dan ekonomis.

Dengan bantuan metode/teknik perkiraan nilai resistansi jenis tanah, keterbatasan dari alat ukur resistansi jenis dalam menyelidiki kondisi spesifik tanah pada keadaan lebih dalam dapat digantikan, karena pada metode perkiraan resistansi jenis tanah ini hanya dilakukan pengukuran pada kedalaman beberapa meter sebagai titik acuan atau referensi dalam memperkirakan nilai resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menghitung nilai resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam dengan menggunakan metode perkiraan C.J Blattner, menghitung kedalaman optimal penanaman elektroda batang tunggal sistem driven rod sehingga didapat nilai resistansi pentanahan yang rendah, serta menganalisis pengaruh resistansi jenis tanah terhadap kedalaman penanaman elektroda pembumian.

Untuk membuat suatu sistem pembumian diperlukan suatu elektroda batang pembumian yang ditanam dalam tanah sehingga akan membuat kontak langsung dengan tanah dan hantaran penghubung yang tidak berisolasi yang ikut ditanam dalam tanah dianggap sebagai elektroda batang pembumian.

Bahan yang digunakan untuk elektroda batang pembumian adalah logam yang mempunyai konduktivitas cukup tinggi yaitu tembaga, selain itu untuk mendapatkan nilai yang lebih ekonomis dapat dipergunakan baja yang di galvanisasi atau baja berlapis tembaga.

Elektroda Pembumian

Berdasarkan peraturan umum tentang elektroda bumi dan penghantar bumi (SNI 04. 0225-2000) ada 3 jenis elektroda pembumian yaitu elektroda pita, elektroda batang, elektroda pelat.

Elektroda Batang (*driven rod*)

Elektroda batang terbuat dari batang logam bulat atau dari baja profil yang dipancangkan/ditancapkan kedalam tanah dan salah satu ujungnya lancip dengan kelancipan (45 ± 5)^o serta harus dilengkapi dengan klem dan baut klem yang mampu menjepit penghantar seperti yang terlihat pada gambar 1 dibawah ini⁽⁶⁾.

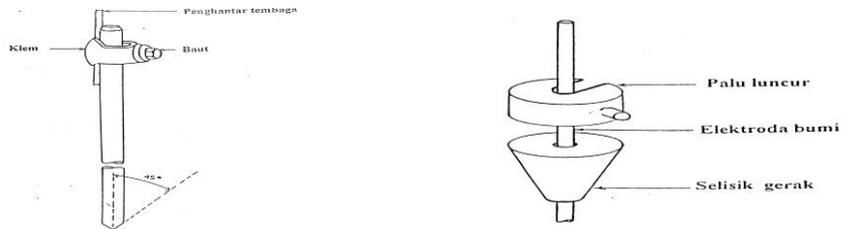
Persamaan untuk mencari nilai resistansi pentanahan pada sistem pembumian driven rod

adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell} \left[\ln\left(\frac{8\ell}{d}\right) - 1 \right] \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

ρ = resistansi jenis tanah (ohm-m), $\pi = 3.14$ atau $(22/7)$, ℓ = panjang elektroda batang (m), d = diameter elektroda batang (m), R = Resistansi Pentanahan (ohm)



Gambar 1 Elektroda batang dan palu luncur

Untuk lebih jelasnya dimensi elektroda batang dan ukuran klem dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Dimensi elektroda batang dan ukuran klem

Panjang Nominal (m)	Diameter Nominal (mm)	Tebal Lapisan Tembaga (mikron)	Ukuran Klem (mm ²)
1.5	12.7	250	6-16
2.4	12.7	250	6-16
2.4	16.0	250	6-16

Toleransi:

* -5 mm

Panjang + 20 mm

* -0.5 mm

Diameter + 1 mm

Sumber : SPLN 102 ; 1993

Dalam penggunaannya, jumlah dan ukuran elektroda batang dipilih dan disesuaikan dengan resistansi pentanahan yang dibutuhkan. Jika menginginkan nilai resistansi pentanahan yang lebih rendah maka dapat dilakukan hubungan paralel dari beberapa elektroda batang.

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan yaitu jarak antar elektroda batang, minimal dua kali panjang efektif dari suatu elektroda batang dan tidak boleh berada dalam corong tegangan dari elektroda batang disampingnya.

Struktur Tanah

Tanah merupakan medium pembumian yang bersifat sebagai konduktor. Untuk frekuensi tinggi dan gelombang bermuka curam seperti petir dapat di artikan bahwa tanah merupakan konduktor sempurna.

Struktur tanah merupakan salah satu faktor yang harus diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan dan sistem pembumian yang akan digunakan. Penelitian struktur tanah dan pengukuran resistansi jenis tanah menjadi faktor penting yang sangat mempengaruhi kedalaman penanaman elektroda batang pembumian. Karena pada pemasangan sistem pembumian dalam suatu lokasi tertentu sering dijumpai beberapa jenis struktur tanah yang mempunyai resistansi jenis berbeda-beda.

Untuk menghitung resistansi jenis tanah, maka dapat diasumsikan bahwa tanah memiliki 2 jenis yaitu tanah yang seragam (uniform) dan tanah yang tidak seragam (non uniform).

Perbedaan resistansi jenis pada batas masing-masing lapisan tanah digambarkan sebagai adanya faktor refleksi, dimana faktor refleksi tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \dots\dots\dots(2)$$

dengan ρ_1 dan ρ_2 merupakan nilai resistansi jenis lapisan atas dan bawah tanah dari persamaan diatas memungkinkan faktor refleksi K berharga positif atau negatif.

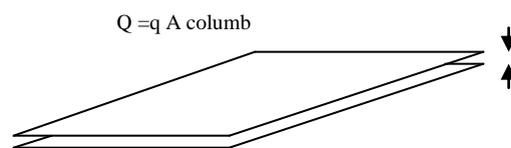
Nilai Resistansi Jenis Tanah

Resistansi jenis tanah adalah sebuah faktor keseimbangan antara resistansi tanah dan kapasitansi disekitarnya yang direpresentasikan dengan ρ (rho) dalam sebuah persamaan matematik.

Dasar perhitungan resistansi pentanahan adalah perhitungan kapasitansi dari susunan batang elektroda pembumian dengan anggapan bahwa distribusi arus atau muatan uniform sepanjang batang elektroda. Hubungan resistansi dan kapasitansi dapat dijelaskan dengan suatu analogi. Dimana analogi ini merupakan dasar perhitungan karena aliran arus masuk kedalam tanah dari elektroda batang pembumian mempunyai kesamaan dengan emisi fluks listrik dari konfigurasi yang sama dari konduktor yang mempunyai muatan terisolir.

Misalkan dua pelat konduktor dengan luas masing-masing A m² dengan rapat muatan pelat masing-masing q/m², dan -q/m², jarak antar pelat adalah d m,

Luas A m²



Gambar 2 Konduktor pelat

Jumlah garis fluks yang melalui dielektrik di antara kedua pelat adalah $4 \pi \cdot q \cdot A$ dan kuat medannya adalah $4 \pi \cdot q$ maka tegangan antara kedua pelat $V = 4 \pi q \cdot d$ volt , jumlah muatan q adalah qA coulomb.⁽³⁾

Dari hubungan : $C=Q/V$ (3)

Diperoleh $\frac{1}{C} = \frac{4.\pi.q.d}{q.A}$ (4)

karena nilai q sama persamaan menjadi

$$\frac{1}{C} = \frac{4.\pi.d}{A} \text{(5)}$$

jika diantara dua pelat diletakkan di tanah dengan resistansi jenis ρ ohm-m maka resistansi antara pelat adalah:

$$R = \rho \frac{d}{A} \text{(6)}$$

dari persamaan (3) dapat disederhanakan

$$\frac{d}{A} = \frac{1}{4.\pi.C} \text{(7)}$$

dan didapat persamaan harga tahanan

$$R = \frac{\rho}{4.\pi.C} \text{(8)}$$

Dimana: R = Resistansi tanah (ohm), C = Kapasitansi (farad), ρ = Resistansi jenis tanah (Ω -m: Hutaruk , 1991)

Resistansi jenis tanah rata-rata pada suatu daerah atau wilayah memiliki perbedaan yang cukup besar contohnya pada tabel 2 dan 3 nilai resistansi jenis tanah di bawah ini.

Tabel 2 Tabel resistansi jenis tanah 1

No	Jenis Tanah	Resistansi jenis tanah (ohm.meter)
1	Tanah rawa	10 - 40
2	Tanah pertanian	20 – 100
3	Pasir basah	50 - 200
4	Kerikil basah	200 – 3000
5	Kerikil kering	<1000
6	Tanah Berbatu	2000 - 3000

Sumber: Peraturan umum tentang elektroda batang bumi dan penghantar (SNI 04. 0225-2000)

Tabel 3 Resistansi Jenis Tanah 2

No	Jenis Tanah	Resistansi jenis Tanah (ohm-m)
1	Tanah Organik	10
2	Tanah Basah	100
3	Tanah Kering	1000
4	Tanah Berbatu	10000

Sumber: IEEE Std 81 – 1983, *IEEE guide for measuring Earth Resistivity Ground Impedance and earth surface potentials of a grounding system*

METODE

Bahan dan Mutu Elektroda Batang Pembumian

Untuk memperoleh resistansi tanah yang rendah dengan hasil kualitas baik, maka bahan dan mutu elektroda batang pembumian yang digunakan untuk sistem pembumian harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain batang elektroda pembumian terbuat dari baja karbon tinggi dengan kuat tarik minimum 51 kg/mm^2 serta mempunyai kekerasan minimum 74 HrB (*Hardness Brinell*), lapisan tembaga mempunyai kadar tembaga minimum 99,9%, dimana klem dan bautnya terbuat dari tembaga paduan dengan kadar tembaga minimum 60% , tidak boleh terdapat cacat yang dapat mengganggu fungsinya, elektroda batang mempunyai permukaan yang halus, rata, bersih tidak berpori dan harus terlihat lurus, tidak boleh terkelupas, kecuali pada bagian yang terkena rahang plat baja, memiliki daya hantar jenis (konduktivitas) yang cukup besar sehingga tidak akan memperbesar beda potensial pada permukaan bumi, tahan terhadap korosi / pengkaratan yang disebabkan oleh faktor lingkungan, dimana batas maksimum laju korosi yang terjadi adalah $50 \text{ mg/dm}^2/\text{hari}$ serta tahan terhadap peledakan walaupun bahan tersebut terkena arus gangguan yang besar dan dalam waktu yang lama.

Pengambilan data di tiga lokasi/tempat penelitian dimana setiap lokasi ini akan mewakili jenis-jenis tanah yang berbeda sehingga dapat lebih mengetahui perbedaan dari nilai resistansi jenis pada tanah tersebut. Lokasi penelitian tersebut terletak di beberapa tempat yaitu tanah pertanian di persawahan desa, tanah berpasir di pesisir pantai dan tanah batuan bercampur pasir.

Teknik pengukuran resistansi jenis tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengukuran 4 titik susunan wenner menggunakan empat buah elektroda dengan kedalaman antara 10 cm – 150 cm, satu buah amperemeter, satu buah volt meter, dua buah baterai 9 volt dc serta beberapa meter kabel penghubung dengan jarak a sepanjang garis lurus yang sama dan dihubungkan dengan alat ukur. Pada ujung-ujung luar batang elektroda 1 dan 4 dialirkan arus, sedangkan pada bagian dalam dari batang elektroda 2 dan 3 diukur susut tegangan dalam lapisan tanah. Apabila telah terpasang dengan baik maka volt meter dan ampere meter akan menunjuk atau memberi suatu nilai sesuai dengan kedalaman penanaman elektrodanya dengan jarak interval yang sama dan kedalaman yang ditentukan maka didapat nilai resistansi jenis tanah melalui persamaan berikut ini.

$$\rho = \frac{4\pi a r}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4\ell^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + \ell^2}}} \dots\dots\dots(9)$$

dimana ; a : jarak atau interval antar elektroda pembumian (m), ℓ : kedalaman penanaman elektroda pembumian (m), r : resistansi semu, perbandingan antara V dan I (ohm). ρ : resistansi jenis tanah (ohm/m).

Metode Blattner menggunakan asumsi tanah bersifat homogen atau uniform hal ini dikarenakan dua buah hasil pengukuran dilapangan yang dijadikan titik referensi dalam memperkirakan nilai resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam mempunyai perubahan nilai relatif konstan.

Adapun persamaan untuk memperhitungkan nilai resistansi jenis tanah pada keadaan lebih dalam dengan metode *C.J Blattner* adalah sebagai berikut :

$$\rho_x = \rho_o - k\rho(b + \ln X) \dots\dots\dots(10)$$

dengan ρ_x = resistansi jenis tanah yang dicari pada kedalaman L_x , ρ = resistansi jenis tanah yang diketahui pada kedalaman L_o , ρ_2 = resistansi jenis tanah yang diketahui pada kedalaman L_2 , $k\rho$ = nilai resistansi jenis tanah, x = jarak pembanding antara L_o dan L_x ($x = L_x - L_o$), b = nilai pembanding dari data yang diketahui, dengan mengambil 2 titik acuan pada hasil pengukuran resistansi jenis tanah pada kedalaman tertentu maka nilai pembanding b dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$b = \left[\frac{\rho_2 \times R_o \times 1,6}{\rho_o \times R_2} \right]^A \dots\dots\dots(11)$$

dengan, ρ_o = resistansi jenis tanah yang diketahui pada L_o sebagai titik acuan ke-1, ρ_2 = resistansi jenis tanah yang diketahui pada L_2 sebagai titik acuan ke-2, R_o = nilai resistansi pentanahan pada kedalaman L_o , R_2 = nilai resistansi pentanahan pada kedalaman L_2 .

A = +1 jika $\rho_o > \rho_2$
 - 1 jika $\rho_o < \rho_2$

sedangkan nilai resistansi jenis tanah ($K\rho$) didapat dengan rumus :

$$K\rho = \left[\frac{\rho_o - \rho_2}{b + \ln X} \right] \dots\dots\dots (12)$$

Metode ini cukup akurat dan efektif dalam memproyeksikan nilai resistansi jenis tanah pada kedalaman yang tidak terjangkau dengan alat ukur yang ada. Dimana nilai resistansi jenis tanah pada hasil perkiraan tidak begitu berbeda dengan nilai aktual tanah tersebut.

Teknik analisis data ini yang di gunakan untuk melihat dan menjawab hasil hipotesis Penelitian yang di ajukan adalah Teknik Analisis Korelasi Pearson Product. Dimana teknik ini untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara nilai resistansi jenis tanah dengan kedalaman.

Dalam analisis trend tidak ada ketentuan jumlah data (n) yang dianalisis, tetapi semakin banyak jumlah data (n) semakin baik perhitungan jumlah analisis . Rumus untuk Koefisien korelasi *Pearson Product* (r) adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots (13)$$

dimana: r adalah Koefisien korelasi, n adalah Jumlah data, $\sum X$ adalah jumlah pengamatan variabel X, $\sum Y$ adalah jumlah pengamatan variabel Y, $(\sum X^2)$ adalah jumlah kuadrat pengamatan variabel X, $(\sum Y^2)$ adalah jumlah kuadrat pengamatan variabel Y, $(\sum XY)$ adalah jumlah hasil kali variabel X dan Y.

Dilambangkan dengan (r), dan sering disebut dengan r Pearson atau koefisien korelasi produk-moment Pearson dengan ketentuan Nilai r tidak lebih dari harga $(-1 \leq r \leq +1)$, apabila nilai $r = -1$ artinya korelasi (hubungan) negatif sempurna, $r = 0$ tidak ada korelasi, dan $r = 1$ berarti korelasi sangat kuat . Keeratan suatu koefisien korelasi tidak bergantung pada arahnya (- atau +) karena mempunyai keeratan yang sama.

HASIL

Penulis mengambil sampel data resistansi jenis tanah hasil pengukuran tanah pertanian di persawahan pada kedalaman 0,5 m dan 1,5 m dengan menggunakan persamaan (9) didapat pada kedalaman 0,5 m resistansi jenis tanah pertanian sebesar = 59,93 ohm-m sedangkan pada kedalaman 1,5 m resistansi jenis tanah pertanian sebesar =55,45 ohm-m. sedangkan untuk mencari nilai resistansi tanah sistem driven rod pada tanah pertanian menggunakan persamaan (1) maka didapat pada kedalaman 0,5 m resistansi pentanahan pertanian sebesar = 91,74 ohm. Pada kedalaman 1,5 m resistansi pentanahan sebesar = 34,75 ohm.

Dengan menggunakan sampel hasil pengukuran dilapangan pada kedalaman 0,5 m dan kedalaman 1,5 m, maka variabel nilai b dapat dicari.

Dimana: $\rho_0 = 59,93 \text{ohm-m}$, $R_0 = 91,74 \text{ ohm}$, $\ell_0 = 0,5 \text{ m}$, $\rho_2 = 55,45 \text{ ohm-m}$, $R_2 = 34,75 \text{ ohm}$, $\ell_2 = 1,5 \text{ m}$, $X = (1,5 - 0,5) \text{ m} = 1 \text{ m}$, $A = +1$ $\rho_0 > \rho_2$

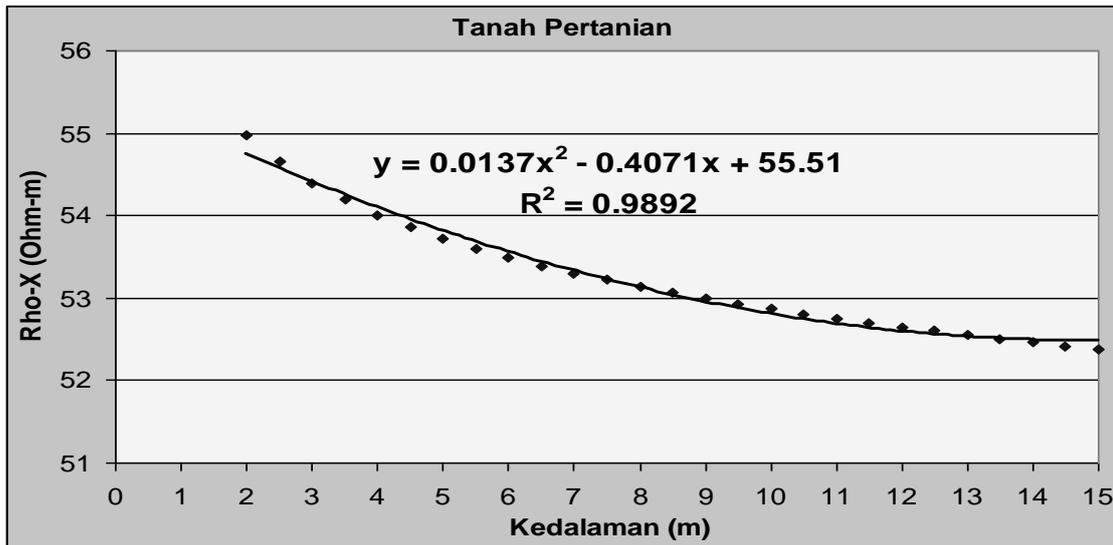
$$b = \left[\frac{\rho_2 \cdot R_0 \cdot 1,6}{\rho_0 \cdot R_2} \right]^A \text{ jika : } \rho_0 > \rho_2, \text{ maka nilai } A = 1, \text{ b} = \left[\frac{55,45 \cdot 91,74 \cdot 1,6}{59,93 \cdot 34,75} \right]^1$$

$\rho_0 < \rho_2$, maka nilai $A = -1$, $b = 3,9$, kemudian variabel nilai resistansi jenis (kp)

$$kp = \left[\frac{\rho_0 - \rho_2}{b + Ln X} \right]$$

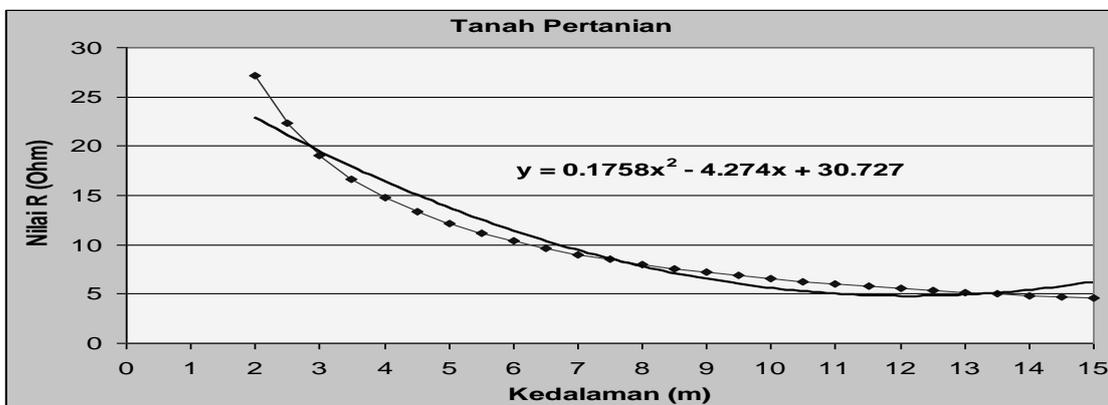
dimana $X = (\ell_2 - \ell_0)$, $kp = \left[\frac{59,93 - 55,45}{3,9 + Ln 1} \right]$, $X = (1,5 - 0,5) \text{ m}$, $kp = 1,146$

Hubungan resistansi jenis tanah dengan kedalaman diberbagai lokasi (tanah pertanian, tanah berpasir,tanah berbatuan) juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3,4,5,6,7,8 dibawah ini :



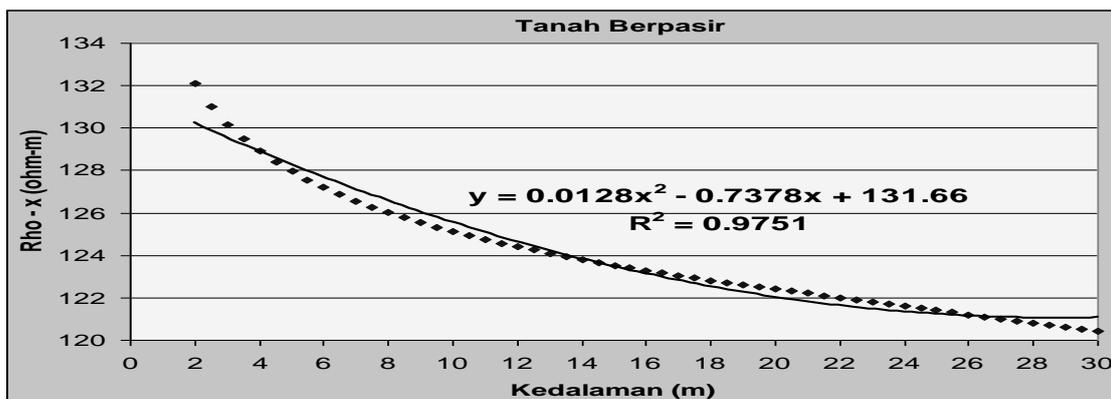
Y = Resistansi jenis tanah pada tanah pertanian, Rho-x (Ω -m)
 X = Kedalaman (m)

Gambar 3 Grafik resistansi jenis tanah pada tanah pertanian



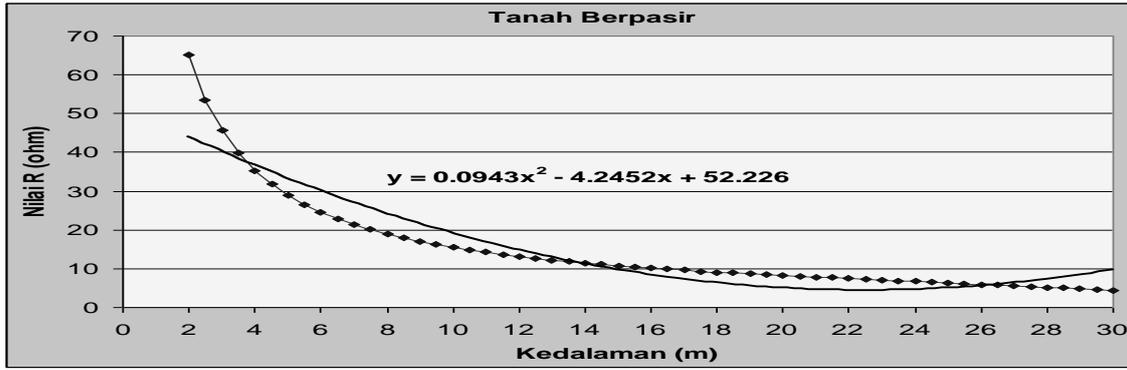
Gambar 4 Grafik resistansi tanah pada tanah pertanian

Hubungan resistansi jenis tanah dengan kedalaman pada daerah berpasir elektroda diperlihatkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 5 Grafik resistansi tanah pada tanah pertanian

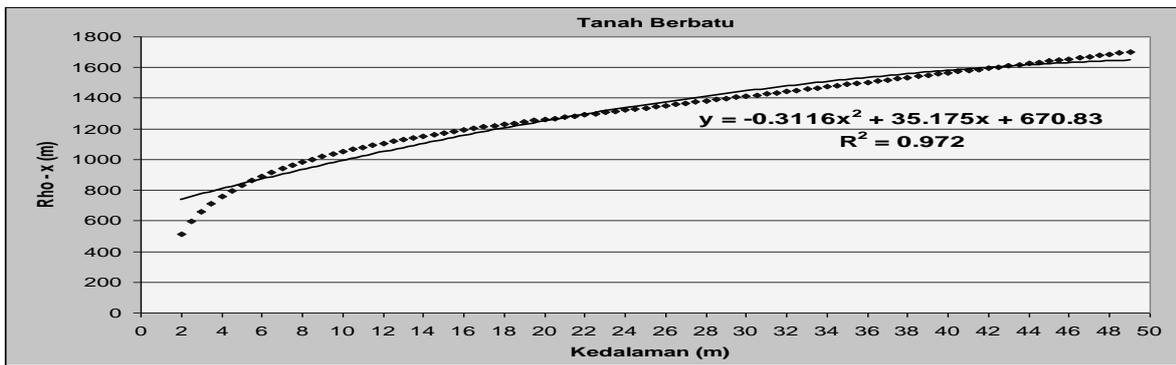
Nilai resistansi tanah pada tanah berpasir terhadap kedalaman elektroda 0,5 m – 1,5 m.



Y = Resistansi tanah pada pasir basah, (Ω)
 X = Kedalaman (m)

Gambar 6. Grafik resistansi tanah pada pasir basah

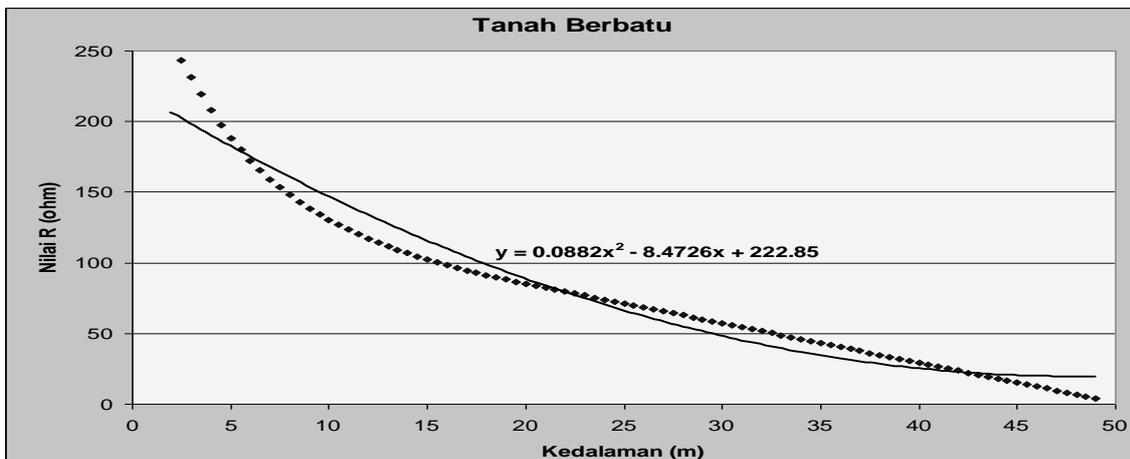
Resistansi jenis tanah pada tanah berbatuan bercampur pasir.



Y = Resistansi jenis tanah pada tanah batuan bercampur pasir, Rho-x (Ω -m)
 X = Kedalaman (m)

Gambar 7. Grafik resistansi jenis tanah pada tanah batuan bercampur pasir.

Hasil perhitungan resistansi tanah pada kedalaman 49 m sebesar 4,02 ohm dan pada kedalaman 50 m sebesar 1,2 ohm. Pada gambar 8 terlihat kedalaman penanaman elektroda driven rod yang optimal pada 49 m.



Y = Resistansi tanah pada tanah batuan bercampur pasir R (Ω)
 X = Kedalaman (m)

Gambar 8. Grafik resistansi tanah pada tanah batuan bercampur pasir

PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan rata-rata resistansi jenis tanah pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada tanah pertanian nilai rata-rata resistansi jenis tanah hasil perhitungan didapat nilai 53,64 ohm-m sedangkan nilai rata-rata SNI 04.0225-2000 pada Tabel 2 adalah (20 – 100) ohm-m ini menunjukkan bahwa nilai resistansi jenis tanah hasil perhitungan tersebut masih berada dalam nilai Standart Nasional Indonesia. Pasir basah nilai rata-rata resistansi jenis tanah hasil perhitungan didapat nilai 124.775 ohm-m sedangkan nilai rata-rata SNI 04.0225-2000 pada Tabel 2. adalah (50 – 200) ohm-m ini menunjukkan bahwa nilai resistansi jenis tanah hasil perhitungan tersebut masih berada dalam nilai Standart Nasional Indonesia. Tanah batuan bercampur pasir nilai rata-rata resistansi jenis tanah hasil perhitungan didapat nilai 1275,748 ohm-m sedangkan nilai rata-rata SNI 04.0225-2000 pada Tabel 2 adalah (200 – 3000) ohm-m. ini menunjukkan bahwa nilai resistansi jenis tanah hasil perhitungan tersebut masih berada dalam nilai Standart Nasional Indonesia (SNI 04.0225-2000).

Tabel 4 Nilai rata-rata resistansi jenis tanah

No	Jenis Tanah	Resistansi Jenis Tanah (ohm-m)
1	Tanah pertanian / ladang	53.6417
2	Tanah pasir basah	124.775
3	Tanah batuan bercampur pasir	1275.748

Sumber : Data hasil perhitungan yang diolah

Pada rentang kedalaman 0.5 m sampai dengan 1,5 m terjadi perbedaan nilai resistansi jenis tanah. Pada tanah pertanian sebesar 59.93 Ω m - 55,475 Ω m, pasir basah sebesar 148,38 Ω m – 133,63 Ω m dan tanah batuan sebesar 317,72 Ω m - 392,527 Ω m ini menunjukkan bahwa dengan struktur tanah yang berbeda pada kedalaman yang sama akan menghasilkan resistansi tanah yang berbeda, sehingga untuk mendapatkan nilai resistansi tanah yang kecil sangat di pengaruhi oleh struktur tanah tersebut.

Pada lampiran 1 diperlihatkan hasil perhitungan lengkap nilai resistansi jenis tanah, resistansi tanah pada ketiga lokasi yaitu : Daerah desa sawah baru, bukit asahan, pantai pasir putih. Semua tahapan dalam menghitung optimalisasi penanaman elektroda batang dari sistem pembumian batang tunggal dengan metode C.J Blattner menggunakan alat bantu program visual basic.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diambil simpulan dimana nilai resistansi jenis tanah pada kedalaman lebih dalam dapat dihitung

berdasarkan metode C.J Blattner yang hasilnya untuk tanah pertanian dibawah 2 m penurunan resistansi jenis tanah cenderung konstan dengan nilai berkisar antara 54,98 Ω m -52,38 Ω m, untuk tanah pasir basah di bawah 2 m penurunan resistansi jenis tanah pasir basah cenderung konstan dengan nilai berkisar antara 132,1 Ω m – 120,41 Ω m, serta untuk tanah bebatuan dibawah 2 m terjadi peningkatan resistansi jenis tanah dengan nilai berkisar antara 511,04 Ω m – 1716,8 Ω m, Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan elektroda batang tunggal dengan diameter 0.012 m (12mm) didapat hasil optimal dengan batasan resistansi tanah di bawah 5 ohm yaitu untuk tanah pertanian di persawahan desa kedalaman optimalnya adalah 14 m, untuk tanah bebatuan di perbukitan kedalaman optimalnya adalah 49 m serta untuk tanah pasir basah di pesisir pantai kedalaman optimalnya adalah 28.5 m. Dari hasil ini terlihat bahwa semakin besar nilai resistansi jenis tanah maka untuk mendapatkan nilai resistansi yang rendah dibutuhkan penanaman batang elektroda yang lebih dalam.

Saran

Untuk melihat besarnya pengaruh kedalaman sampel titik acuan dalam memperkirakan nilai resistansi tanah pada kedalaman lebih akan lebih baik apabila metode ini dibandingkan dengan metode tiga titik dengan melihat pengaruh kandungan air, bahan kimia dan temperatur untuk melihat perbedaan nilai resistansi jenis tanah pada kedalaman yang sama sehingga dapat melihat unjuk kerja pengaruh resistansi jenis tanah terhadap kedalaman penanaman batang elektroda.

DAFTAR PUSTAKA

Blattner, C.J. (1980). Prediction of soil resistivity and ground rod resistance for deep ground electrodes, IEEE Transaction on Power Apparatus and System, Vol-PAS-99, No.5.

Chow, YL. (1996). Resistance formula of grounding system in two layer earth, IEEE Transaction on Power Delivery Vol 11, No.3.

Hutauruk, TS. (1991). Pengetanahan Netral sistem tenaga dan Pengetanahan peralatan, Jakarta:Erlangga.

_____, **SPLN 102. (1993).** Elektroda Bumi Jenis Batang bulat berlapis tembaga, PT.PLN (Persero)

_____, **SPLN 04-0225. (2000).** Peraturan Umum untuk elektroda bumi dan penghantar bumi, PT.PLN (Persero)

_____. **(1986).** IEEE Guide for safety in AC substation grounding, ANSI/IEEE std 80 .

_____. **(1983).** IEEE Guide for measuring earth resistivity, ground Impedance and earth surface potensial of grounding system, IEEEstd 81.

Khalifa, M. (1990). High voltage engineering theory and practice. Marcel Dekker. Inc.USA.