

RANCANG BANGUN *RESISTIVITY METER* DIGITAL DENGAN METODE *FOUR POINT PROBE* UNTUK MENENTUKAN HAMBATAN JENIS TANAH

Eko Agus Irianto

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : ecoe.agus@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat pengukur resistivitas tanah dengan metode resistivitas. Metode resistivitas merupakan cara untuk mengetahui keadaan geologi tanah berdasarkan nilai resistivitas tanah yang terukur. Pengukuran resistivitas dalam penelitian ini menggunakan empat elektroda (*four-point probe*) dengan konfigurasi Wenner Array. Empat elektroda diatur dengan jarak sama dan simetris dengan dua elektroda terluar untuk menginjeksikan arus dan dua elektroda terdalam untuk mengukur tegangan. Alat diuji untuk mengukur resistivitas sampel tanah. Sampel berupa tanah pasir dengan perubahan kadar air 10%, 15% dan 20% dari volume sampel tanah. Saat pengukuran, jarak elektroda dan arus diubah sebanyak tiga kali. Nilai resistivitas pasir yang diperoleh pada kondisi 10%, 15% dan 20% berturut-turut adalah 534.45 Ωm , 394.05 Ωm dan 262.45 Ωm . Ketidakpastian relatif maksimum hasil pengukuran adalah 6%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, alat yang dirancang dapat membedakan tanah dengan kadar air yang berbeda berdasarkan nilai resistivitasnya. Semakin tinggi kadar air dalam tanah pasir maka nilai resistivitasnya semakin rendah dan nilai konduktivitasnya semakin tinggi.

Kata kunci: Resistivitas tanah, metode *four-point probe*, konfigurasi Wenner Array

Abstract

The research aims to design and to examine soil resistivity meter by implementing resistivity method. Resistivity method is a tool to get information of geological soil condition due to its measured resistivity. Resistivity measurement in this study has used four-point probe which two outside electrode for current injection, and two inside electrode for voltage measurement. This meter is examined for measuring soil resistivity of sample. The sample used was sand which has water content of 10%, 15% and 20% sample volume. During measurement, the electrodes distance and current source have been varied three times. Resistivity measurement of 10%, 15% and 20 % are 534.45 Ωm , 394.05 Ωm and 262.45 Ωm respectively. The result shows that the designed resistivity meter could distinguish the soil which has different water content. The increasing of water concentration is reverse with measured resistivity and in line with soil conductivity.

Keywords: Soil resistivity, four-point probe, Wenner Array configuration.

PENDAHULUAN

Struktur tanah ini terdiri berbagai lapisan yang mengakibatkan nilai resistivitas tanah yang berbeda berdasarkan jenisnya. Banyak faktor yang mengakibatkan perbedaan nilai resistivitas antara lain: homogenitas tanah, kandungan mineral logam, kandungan *aquifer* (misalnya: air, minyak, dan gas), porositas, permeabilitas, suhu, dan umur geologi tanah. Dalam ilmu geofisika terdapat beberapa metode untuk dapat mengetahui keadaan geologi bawah tanah, diantaranya metode resistivitas, geomagnetik, dan seismik. Pada penelitian kali ini peneliti menggunakan metode resistivitas, metode resistivitas ini merupakan ilmu yang mempelajari sifat resistivitas dari suatu lapisan tanah. Metode resistivitas memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat tidak merusak

lingkungan, pengoperasian mudah dan cepat, biayanya murah, dan dapat mengidentifikasi kedalaman sampai beberapa meter sehingga banyak dipakai dalam survei lingkungan diantaranya adalah untuk menentukan stabilitas lereng, survei daerah rawan longsor, dan investigasi pergerakan tanah (*mass movement*).

Konsep dasar yang digunakan dalam pengukuran resistivitas ini dengan menggunakan persamaan di bawah ini. Skematik pada gambar 1 merupakan skematik dasar dalam pengukuran nilai hambatan jenis dari suatu lapisan batuan, dimana dengan mengalirkan arus kedalam lapisan batuan yang memiliki panjang L sehingga dari aliran arus terjadi beda potensial V . Berdasarkan nilai yang didapatkan tersebut maka akan dapat diketahui nilai hambatan jenis lapisan batuan tersebut. Nilai yang

didapatkan kemudian dikorelasikan dengan informasi geologi yang ada untuk mengidentifikasi sifat fisis dari tanah tersebut.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Dimana : R = Tahanan yang diukur (Ω)

ρ = Resistivitas bahan (Ωm)

L = panjang (m)

A = luas penampang (m^2)

berdasarkan hukum ohm yang berlaku yaitu:

$$V = I \cdot R \quad (2)$$

maka persamaan (2.1) :

$$\rho = \frac{V}{I} \cdot \frac{A}{L} \quad (3)$$

sedangkan konduktivitas dapat dinyatakan dalam :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

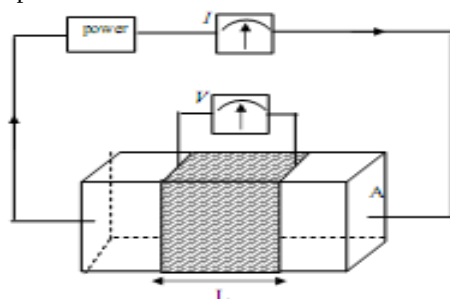
dari persamaan (3) dan (4) maka menjadi :

$$\sigma = \frac{I}{E} \quad (5)$$

dengan : J = rapat arus = $\frac{I}{A}$

$$E = \text{medan listrik} = \frac{V}{L}$$

yang merupakan bentuk lain dari hukum ohm dalam bentuk rapat arus



Gambar 1. Skematik dasar pengukuran.

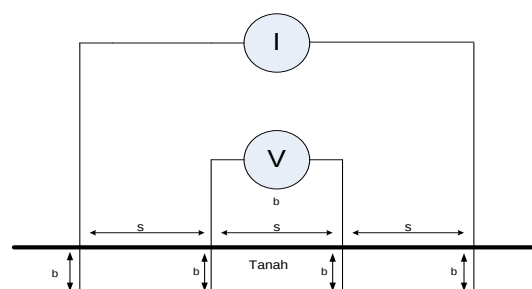
Table 1. Nilai rata-rata hambatan jenis tanah
(sumber: badan standarisasi nasional (2000), pasal 320-1)

Jenis tanah	Hambatan jenis tanah (Ωm)
Tanah rawa	10-40
Tanah liat dan tanah lading	20-100
Pasir basah	50-200
Krikil basah	200-3000
Pasir/kerikil kering	<10000
Tanah berbatu	2000-3000
Air laut dan air tawar	10-100

Secara umum percobaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas tanah dengan menggunakan metode resistivitas four point probe, yaitu dengan menggunakan empat buah probe yang berguna menginjeksikan arus listrik pada tanah dan mengukur potensial listriknya. Dalam pengukuran hambatan jenis tanah dapat digunakan beberapa konfigurasi, untuk menentukan nilai dari hambatan jenis dari suatu lapisan

batuan. Konfigurasi yang sering digunakan adalah yang pertama konfigurasi dipole, konfigurasi wenner array, dan konfigurasi Schlumberger.

Persoalannya adalah bagaimana nilai resistivitas tanah yang diperoleh dapat disesuaikan dengan kajian-kajian fisika yang relevan terhadap metode pengukurannya. Percobaan ini untuk dapat mengetahui nilai resistivitas suatu jenis tanah. Konfigurasi yang digunakan dalam percobaan ini yaitu konfigurasi Wenner Array, karena dalam konfigurasi Wenner Array ini memiliki tingkat ketelitian dalam pembacaan tegangan relatif besar dikarenakan letak dari elektroda tegangan relatif lebih dekat dengan elektroda arus. Sehingga tidak perlu menggunakan multimeter yang memiliki ketelitian yang tinggi cukup dengan multimeter yang memiliki impedansi yang relative lebih kecil, karena dalam pembacaan tegangan cukup besar. Skematik dari konfigurasi wenner array seperti pada gambar 1.



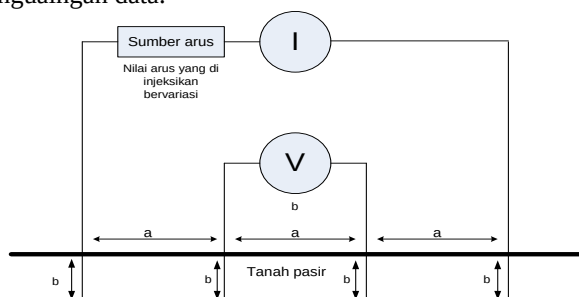
Gambar 1. Skematik Wenner Array.

METODE

Dalam metode pengambilan data ini menggunakan jenis tanah pasir yang ditambahkan dengan air. Penambahan air ini dimulai dengan penambahan sebanyak 10%, 15%, dan 20% dari volume tanah yang digunakan. Pada setiap kondisi penambahan air dalam tanah dilakukan pengukuran dengan mengubah nilai arus yang diinjeksikan ke tanah dan mengubah jarak elektroda. Variasi jarak yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu dengan menggunakan variasi jarak mulai dari 6 cm, 9 cm, dan 12 cm.

Pengukuran yang pertama yaitu dengan menggunakan jenis tanah pasir dengan penambahan air 10%. mengatur jarak elektrodanya kemudian memvariasi arus yang diinjeksikan dalam tanah, seperti yang ada pada gambar 1 dibawah ini. Injeksi arus dalam tanah mengakibatkan beda potensial yang terukur pada elektroda tegangan. Dari nilai arus yang diinjeksikan dan tegangan yang terukur dalam tanah akibat ineksi tersebut, sehingga nilai dari hambatan jenis dari suatu tanah tersebut dapat diketahui. Pengukuran ini dilakukan pada tanah dengan penambahan air 15% dan 20%. Kedalaman probe yang digunakan tidak berubah untuk setiap kali melakukan pengambilan data. Jika kedalaman probe itu diubah kedalamannya maka akan berpengaruh pada nilai hambatan jenis yang didapatkan. Karena dalam percobaan ini alatnya tidak memiliki kalibrator maka dilakukan pengulangan pengambilan data pada setiap

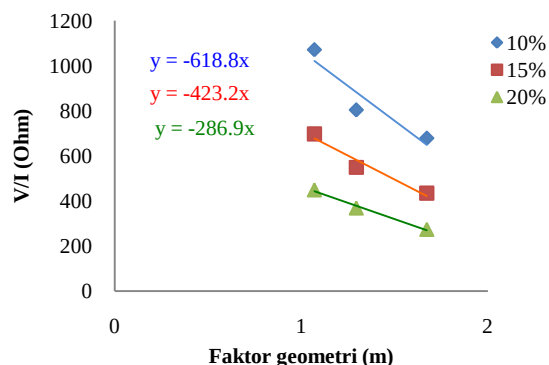
kondisi tegangan input, yaitu dilakukan 10 kali pengulangan data.



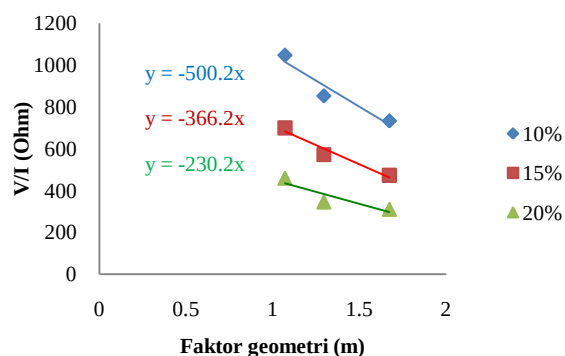
Gambar 3. Rancangan percobaan dengan jarak yang tetap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

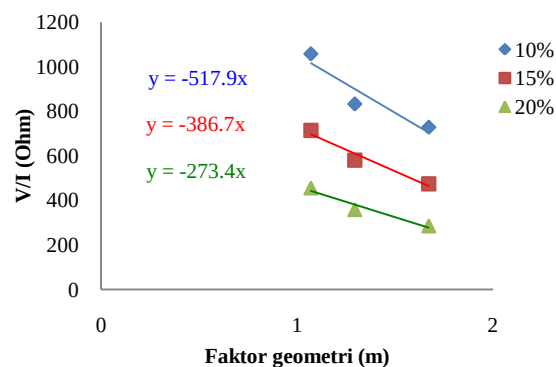
Dari hasil percobaan diketahui bahwa nilai arus yang diinjeksikan berbanding lurus dengan perubahan tegangan yang terjadi dalam tanah. Hal ini sesuai dengan perumusan pada konfigurasi Wenner Array. Nilai resistivitas tanah pada setiap jenis tanah memiliki nilai rentang tidak memiliki nilai pasti, karena kondisi dan struktur tanah tidaklah sama sehingga tidak memiliki nilai pasti. Dari tabel 1 itu juga diketahui bahwa nilai resistivitas tanah pasir adalah $<10000 \Omega m$, nilai yang didapatkan dari percobaan ini sudah masuk dalam rentang nilai dari tanah jenis pasir. Alat ukur ini sudah dapat menunjukkan perbedaan nilai dalam setiap kondisi yang dilakukan pada saat percobaan. Hasil-hasil yang diperoleh dari percobaan dapat dilihat seperti pada gambar 4, 5, 6 dan 7.



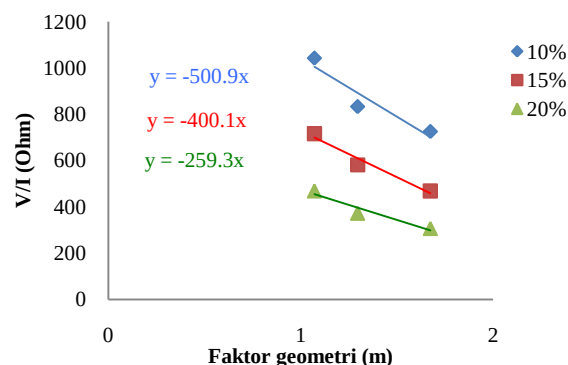
Gambar 2. Grafik hubungan V/I terhadap perubahan faktor geometri pada perubahan tegangan sumber 6 volt.



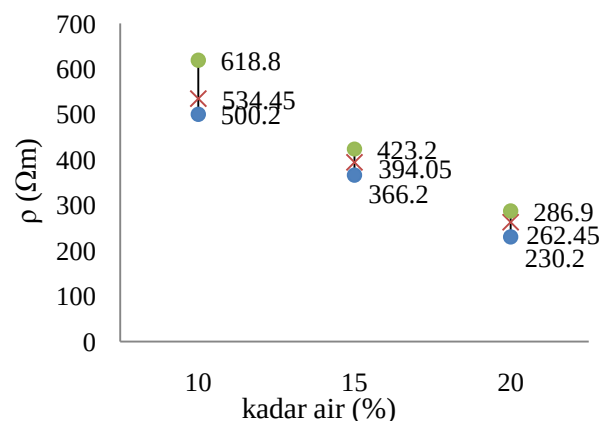
Gambar 3. Grafik hubungan V/I terhadap perubahan faktor geometri pada perubahan tegangan sumber 7 volt



Gambar 4. Grafik hubungan V/I terhadap perubahan faktor geometri pada perubahan tegangan sumber 8 volt



Gambar 5. Grafik hubungan V/I terhadap perubahan faktor geometri pada perubahan tegangan sumber 9 volt



Gambar 6. Grafik hubungan nilai rho terhadap kadar air.

Gambar 4, 5, 6 dan 7 adalah hasil pengolahan data pengukuran resistivitas pada tiga kondisi tanah pasir yang berbeda dengan memberikan empat sumber tegangan yang berbeda yaitu 6 volt, 7 volt, 8 volt dan 9 volt. Hasil regresi data tegangan dibagi arus terhadap perubahan konfigurasi menghasilkan nilai resistivitas. Perubahan faktor konfigurasi dipengaruhi oleh jarak antar elektroda, yang mana dalam pengukuran ini dilakukan tiga kali perubahan jarak elektroda yaitu 3 cm, 6 cm dan 9 cm.

Pada setiap pengukuran resistivitas tanah hasil yang didapatkan hasil yang berbeda untuk setiap penambahan kadar air. Hasil rata-rata pengukuran resistivitas tanah pasir dengan kadar air 10%, 15% dan 20% berturut-turut adalah 534.45 Ωm , 394.05 Ωm dan 262.45 Ωm .

Ada beberapa penyebab yang mengakibatkan nilai resistivitas tanah berbeda diantaranya adalah struktur tanahnya, suhu dari tanah tersebut. Selain itu juga kepadatan tanah yang kurang merata akan mempengaruhi porositas tanah. Porositas merupakan perbandingan antara ruang kosong dari suatu batuan dengan volume batuan itu sendiri, porositas ini akan berperan penting menentukan konduktivitas listrik suatu bahan. Nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas. Dari hasil pengukuran arus dan tegangan untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur. Kesulitan yang biasa dijumpai dalam mengukur resistivitas tanah adalah bahwa dalam kenyataannya komposisi tanah tidaklah homogen pada seluruh volume tanah. Komposisi tanah dapat bervariasi secara vertikal maupun horisontal, sehingga pada lapisan tertentu mungkin terdapat dua atau lebih jenis tanah dengan hambatan jenis yang berbeda, oleh karena itu hambatan jenis tanah tidak dapat diberikan sebagai suatu nilai yang tetap.

PENUTUP

Simpulan

Hasil pengujian prototipe alat ukur resistivitas menunjukkan bahwa alat dapat digunakan untuk membedakan kadar air yang berbeda dalam tanah pasir berdasarkan hasil pengukuran resistivitasnya. Resistivitas tanah pasir dengan kadar air 10%, 15%, dan 20% berturut-turut adalah 534.45 Ω m, 394.05 Ω m dan 262.45 Ω m. Ketidakpastian relatif hasil pengukuran adalah 6%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan air maka sifat dari tanah akan semakin konduktif dan nilai resistivitasnya semakin kecil, hal ini relevan dengan kajian fisika tentang pengukuran hambatan jenis tanah dan metode-metode pengukuran

Saran

Beberapa kendala teknis yang muncul saat perancangan alat ukur resistivitas tanah. Pengukuran nilai arus menggunakan sensor arus ACS712 ini memiliki sensitivitas output terhadap input yang kecil sehingga pada perubahan input yang kecil akan sulit terbaca oleh dengan perubahan output. Sehingga peneliti menggunakan rangkaian integrator untuk dapat mengukur perubahan yang kecil tersebut, oleh karena itu peneliti menyarankan untuk dapat menggunakan sensor arus yang memiliki sensitivitas output terhadap input yang besar sehingga perubahan input yang kecil akan dapat terbaca dengan perubahan outputnya. Selain itu juga dapat memanipulasi jarak yang lebih besar lagi karena dalam penelitian yang ada di lapangan itu menggunakan jarak yang panjang sehingga dapat diketahui nilai resistivitas tanah yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 04-0225-2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).
- Hack. 2000. Geophysics for slope stability. Vol 21, issue 4, pp 423-448.
- Meric. 2005. Application Of Geophysical Methods For The Investigation Of The Large Gravitational Mass Movement Of, Sechillienne, France. 1105-1115, 10.1139/t05-034.
- Muallifah, Faqih. 2009. Perancangan dan Pembuatan alat Ukur Resistivitas Tanah. Jurnal Neutrino Vol 1, No 2, 2009.
- Panissod. 2001. On the Effectiveness Of 2D Electrical Inversion Result An Agricultural Case Study
- Prayogo. 2003. Survei Resistivitas 3 Dimensi Untuk Menentukan Distribusi Tahanan Jenis Tanah Bahwa Permukaan Daerah Rawan Longsor Di Desa Lumbang Rejo Prigen Jawa Timur.
- Realita, Arie. 2012. Rancang Bangun Resistivity Meter untuk Menentukan Hambatan Jenis Tanah dengan Menggunakan Konfigurasi Wenner Array. Surabaya: UNESA.
- Wahyono. 2003. Penentuan Bidang Glincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi (determination of slip surface based on geoelectricity). Jurnal ilmu dasar no. 2 vol 6 pp 137-141.