

ANALISIS SIFAT KONDUKTIVITAS LISTRIK PADA BEBERAPA JENIS MATERIAL DENGAN METODE POTENSIAL JATUH

Muh. Said L.

Dosen Pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Alauddin Makassar

Email: muhammadsaidlanto83@gmail.com

Abstract: *The measurement of conductivity rock coat conducted by using potential method fall. Target of this research is to know how big assess electric conductivity some homogeneous material type which obtained potential fall and know graph characteristic is nature of conductivity various same material type to function apart friction of potential electrode fall. The pursuant to result of the measurement, that every material have conductivity value which vary, where land containing of brine (salt) conductivity value equal to $(0,4760-0,450)\Omega m^{-1}$, sand coat and gravel equal to $(0,0096-0,0078)\Omega m^{-1}$, limestone equal to $(0,0151-0,01488)\Omega m^{-1}$, clay land equal to $(0,165-0,156)\Omega m^{-1}$, and limestone contain chalk equal to $(0,00269-0,00251)\Omega m^{-1}$. Rock type/land owning larger ones conductivity is land containing of brine (salt) while smallest conductivity is limestone containing of chalk. Conductivity value every rock coat is land containing of brine (salt) = $0,4626\Omega m^{-1}$ with $DK=91,47\%$, sand coat and gravel = $0,0087\Omega m^{-1}$ with $DK=86,77\%$, limestone = $0,0150\Omega m^{-1}$ with $DK=92,18\%$, clay land = $0,1608\Omega m^{-1}$ with $DK=83,04\%$, and limestone containing of chalk = $0,00256\Omega m^{-1}$ with $DK=92,40\%$. From is fifth of material type anticipated that conductivity value vary to be caused by the existence of difference of amenity electric current to emit a stream of in each passed by rock compiler material. Strong difference of current to emit a stream of in rock coat medium very is base on nature of passed by material physical. Nature of the physical for example is porosity, permeability, mass density, and item size measure distribution.*

Key words: *conductivity, material, permeability, potential fall.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Untuk mengetahui kandungan bawah permukaan dibutuhkan pengetahuan-pengetahuan eksplorasi bawah permukaan dan ilmu geologi. Dalam geofisika eksplorasi, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memprediksi kandungan material bawah permukaan dengan meninjau sifat-sifat fisis bumi

antara lain geolistrik tahanan jenis, *self potensial* (SP), arus *telluric*, geomagnet, seismik, elektromagnet (EM), induksi polarisasi (IP) dan sebagainya. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini, penggunaan metode-metode geofisika pada umumnya mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam memaksimalkan eksplorasi dan eksploitasi pemanfaatan potensi sumber daya alam yang ada di permukaan bumi.

Dalam penelitian ini digunakan metode potensial jatuh sebagai salah satu cara untuk memprediksi kandungan material sifat konduktivitas listrik. Metode ini mengukur beda potensial material dengan menginjeksikan arus listrik (DC) ke dalam permukaan material yang akan diukur sehingga dapat diperoleh harga konduktivitas listrik lapisan batuan berdasarkan hukum ohm.

Penerapan metode kelistrikan ini adalah dengan mengukur sifat kelistrikan batuan, sehingga dapat membantu dalam memberikan data yang diinginkan dan gambaran tentang jenis mineral yang terkandung di dalamnya.

Batuan adalah kumpulan dari suatu material, yang merupakan bagian dari kerak bumi. Dilihat dari sifat fisiknya, batuan sangat beragam baik warna, kekerasan, maupun mineral pembentuknya. Batuan merupakan suatu jenis mineral sehingga batuanpun mempunyai sifat kelistrikan. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri sebagai akibat terjadinya tidak keseimbangan, atau arus listrik yang sengaja diinjeksikan ke dalam bumi.

Adanya sifat kelistrikan mineral penyusun batuan, menyebabkan timbulnya respon terhadap suatu masukan yang diberikan. Dengan memberikan masukan dalam bentuk energi maka mineral akan memberikan respon pada keluaran yang sesuai dengan sifat-sifat mineral tersebut, khususnya jika energi yang diberikan berupa arus listrik dan responnya berupa beda potensial listrik. Konduktivitas merupakan hal yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial akibat injeksi arus di dalam bumi.

Oleh karena itu, di rancang suatu penelitian khususnya dilakukan di laboratorium dengan mengambil sampel dari lokasi (daerah).

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka yang menjadi rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar nilai konduktivitas listrik yang terkandung pada beberapa jenis lapisan batuan dengan metode potensial jatuh?.
2. Bagaimana hubungan antara konduktivitas listrik dengan jarak pergeseran elektoda pada beberapa jenis lapisan batuan dengan metode potensial jatuh?.
3. Bagaimana cara menentukan sifat konduktivitas listrik pada beberapa jenis lapisan batuan dengan metode potensial jatuh?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar nilai konduktivitas listrik yang terkandung pada beberapa jenis lapisan batuan dan

mengetahui pula bagaimana hubungan antara konduktivitas listrik dengan jarak pergeseran elektoda pada beberapa jenis lapisan batuan dengan metode potensial jatuh.

KAJIAN PUSTAKA

Konduktivitas adalah suatu sifat atau karakterisasi aliran listrik dari bahan suatu batuan. Pada bagian batuan, atom-atom terikat secara ionik atau kovalen. Karena adanya ikatan ini maka batuan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Aliran arus listrik di dalam batuan dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu:

a. Konduksi elektronik.

Konduksi ini adalah tipe normal dari aliran arus listrik dalam batuan. Hal ini terjadi jika batuan tersebut mempunyai banyak elektron bebas. Akibatnya arus listrik mudah mengalir pada batuan ini. Sebagai contoh, batuan yang banyak mengandung logam. Dalam konduksi elektronik, aliran arus melalui elektron seperti dalam metal. Konduksi elektronik sangat penting karena terdapat mineral konduktif, seperti *metal sulfida* dan *grafit* dalam survey mineral

b. Konduksi elektrolitik

Konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan yang bersifat poros dan pori-pori tersebut berisi oleh cairan-cairan elektrolitik. Dalam hal ini arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolitik. Konduksi dengan cara ini lebih lambat dari pada konduksi elektronik. Pada konduksi elektrolitik, arus mengalir melalui perpindahan ion dalam tanah.

c. Konduksi dielektrik

Konduksi ini terjadi jika batuan bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik yaitu terjadi polarisasi saat bahan dialiri arus atau batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron-elektron dalam batuan dipaksa berpindah dan berkumpul terpisah dari intinya sehingga terjadi polarisasi.

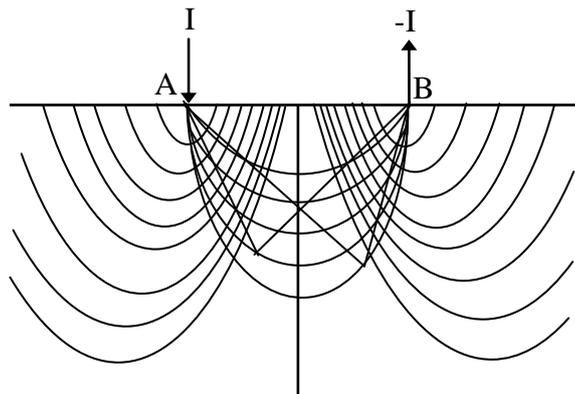
Konduktivitas listrik batuan merupakan kuantitas fisik yang menggambarkan kemampuan bahan mengakibatkan arus listrik. Konduktivitas bahan ini umumnya bergantung pada besar, struktur, fluida pengisi pori, distribusi pori, serta konduktivitas antar pori batuan, kecuali pada batuan yang bersifat konduktif seperti lempung. Besaran yang memiliki satuan Ωm^{-1} ini merupakan besaran skalar dan kebalikan dari resistivitas listrik bahan. Konduktivitas batuan bervariasi bergantung pada volume, susunan pori dan kandungan air di dalamnya serta pada isotropi batuan sendiri. Dalam hal ini, batuan isotropi adalah batuan yang dapat mengalirkan arus listrik ke segala arah dan sama besarnya. (Rachman Kurniawan. 2001).

Potensial listrik batuan dapat dibedakan atas empat bagian yaitu:

- a. Potensial elektrokinetik, disebabkan bila suatu larutan bergerak melalui suatu pipa kapiler atau medium yang berpori.
- b. Potensial difusi, terjadi apabila ada perbedaan dari ion dalam larutan yang mempunyai konsentrasi yang berbeda.
- c. Potensial *nerust*, terjadi apabila suatu elektroda dimasukkan ke dalam larutan homogen.
- d. Potensial mineralisasi, timbul bila dua logam dimasukkan ke dalam larutan homogen. Nilai potensial ini paling besar nilainya bila dibandingkan dengan jenis potensial yang lain.

Dari beberapa sifat kelistrikan batuan maka ada beberapa cara yang dapat digunakan dalam eksplorasi mineral, diantaranya adalah: sifat daya hantar listrik, sifat elektrik kimia, konstanta dielektrik, permeabilitas listrik.

Pengukuran resistansi tanah umumnya dilakukan dengan menginjeksikan arus melalui elektroda ke dalam tanah. Penginjeksian arus dengan menggunakan metode potensial jatuh dilakukan melalui dua buah elektroda arus sedangkan untuk tegangan diukur dengan menggeserkan elektroda potensial. Menurut teori medan listrik, bahwa antara dua titik yang berlawanan polaritasnya pada medan elektrik yang ditancapkan ke tanah akan timbul garis-garis yang merupakan bidang ekipotensial atau garis kerja ekipotensial akibat dua sumber di permukaan bumi tersebut, sehingga setiap titik dalam satu garis memiliki potensial yang sama.



Gambar 1. Dua titik arus yang berlawanan polaritas dipermukaan bumi

Dari gambar 1 pergeseran elektroda C dari A ke B menjauhi elektroda A dan mendekati elektroda B, dengan alat ukur tegangan menunjukkan harga yang tinggi dan akan mencapai maksimum, hal ini terjadi jika elektroda C bersentuhan dengan elektroda B. Penentuan nilai resistansi berdasarkan pengukuran setiap titik pergeseran dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

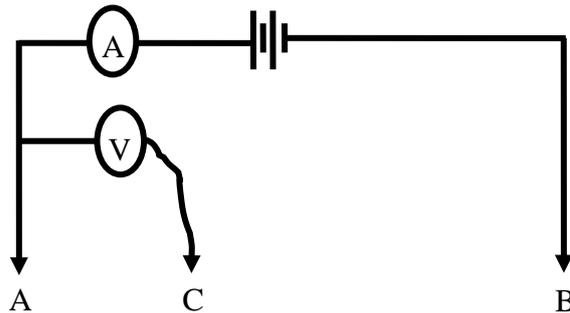
Keterangan:

R = Resistansi atau tahanan tanah (Ω)

V = Beda potensial yang terukur (V)

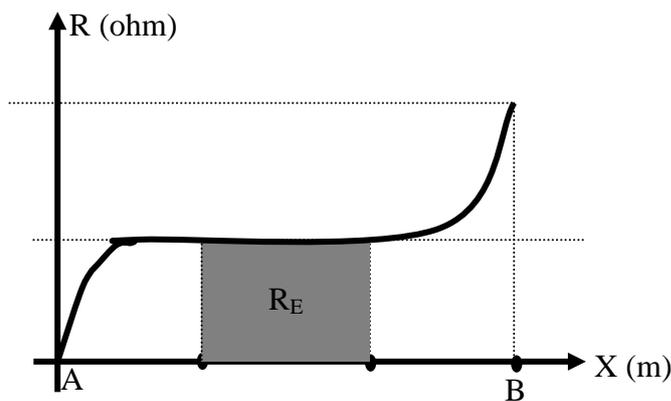
I = Kuat arus yang mengalir (A)

Metode potensial jatuh yang digunakan menggunakan sumber tegangan DC, penempatan elektroda arus dan elektroda potensial seperti gambar berikut (Sumber : Hasbi Bakri. 1997: 20) :



Gambar 2: Rangkaian elektroda arus, elektroda potensial dan sumber tegangan

Hasil variasi nilai resistansi untuk tanah homogen dari setiap pergeseran elektroda C sepanjang AB dengan menggunakan perhitungan diatas dapat dilihat dengan menggunakan grafik di bawah ini :



Gambar 3. Grafik antara nilai resistansi dengan jarak pergeseran elektroda

Pada gambar 3 terlihat bahwa nilai resistansi tanah dari akumulasi beberapa nilai resistansi berada pada posisi mendatar. Biasanya posisi ini diperoleh pada daerah R_E . Sehingga nilai resistansi yang sebenarnya (R_E) adalah nilai rata-rata resistansi yang konstan atau berada pada posisi mendatar.

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan digolongkan menjadi tiga bagian yaitu: (Hasbi Bakri. 1997 : 24)

Konduktor baik	: $10^{-8} \Omega\text{m} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
Konduktor pertengahan	: $1 \Omega\text{m} \leq \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
Isolator	: $\rho \geq 10^7 \Omega\text{m}$

Sedangkan dalam metoda ini beberapa persamaan menggunakan definisi sebagai berikut :

a. Resistansi, dengan persamaan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

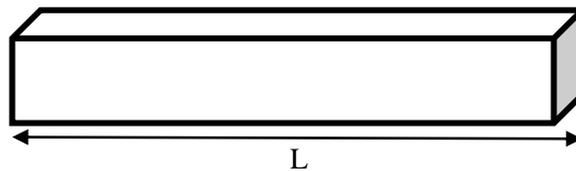
b. Resistivitas dengan persamaan :

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (3)$$

c. Konduktivitas dengan persamaan :

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

Untuk silinder konduktor dengan panjang L dan luas penampang A akan digambarkan berdasarkan penampang berikut :



Gambar 4. Konduktor dengan panjang L dan luas penampang A

Sehingga untuk medan listrik $E = \frac{V}{L}$ dan akhirnya diperoleh tahanan yang dapat dituliskan dalam bentuk:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (5)$$

dengan R menyatakan tahanan (Ω) dan ρ adalah resistivitas/tahanan jenis (Ωm).

Dari persamaan (3), diperoleh persamaan resistivitas yaitu :

$$\rho = R \frac{A}{L} = \frac{V}{I} \frac{A}{L} \quad (6)$$

- Keterangan:
- V = Beda potensial pada dua buah titik (V)
 - I = Besar arus listrik yang mengalir pada batuan (A)
 - E = Kuat medan listrik (V/m)
 - J = Rapat arus listrik (A/m^2).
 - σ = Konduktivitas listrik batuan (Ωm^{-1})

- ρ = Resistivitas/tahanan jenis (Ωm)
- L = Panjang penampang silinder/wadah (m)
- A = Luas penampang silinder/wadah (m^2)
- R = Resistansi batuan/tanah (Ω)
- X = Jarak pergeseran elektroda potensial (m)

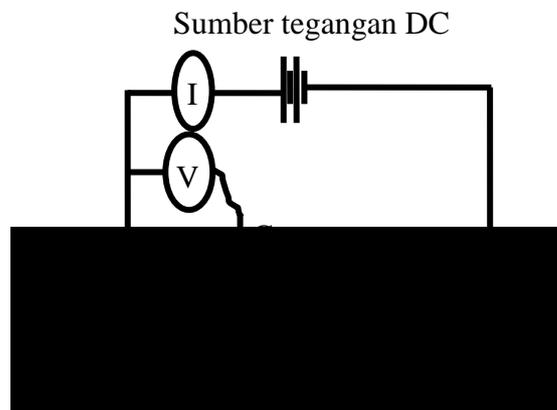
METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Parameter sampel dalam penelitian yang diukur adalah nilai beda potensial (V), dan nilai kuat arus (I). Tahap persiapan diawali dengan pengumpulan referensi, baik itu berupa buku penunjang maupun jurnal-jurnal hasil penelitian beberapa penelitian untuk selanjutnya dikaji dan digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini. Kemudian selanjutnya adalah mengecek seluruh alat yang akan digunakan terutama amperemeter, voltmeter, dan accumulator harus dalam kondisi siap pakai. Kondisi baterai CPU dan accumulator harus telah terisi penuh agar pengukuran berlangsung lama dan diperoleh akurasi data pengukuran yang baik.

Langkah-Langkah Penelitian

1. Menyediakan bak tanah yang terbuat dari kaca fiber.
2. Mengisi bak tanah dengan sampel tanah lempung setinggi 50 cm dari dasar bak sampai seluruh permukaan bak menjadi rata.
3. Menghubungkan elektroda potensial pada salah satu ujung elektroda arus dan ujung elektroda potensial lainnya dibiarkan lepas kemudian menancapkan elektroda potensial elektroda arus pada masing-masing ujung bak.
4. Menghubungkan voltmeter, amperemeter, dan sumber tegangan satu sama lainnya seperti gambar berikut :



5. Menancapkan elektroda A ke tanah dengan jarak spasi elektroda 5 cm dari elektroda C ($AC = 5$ cm) kemudian di on-kan, sambil mencatat beberapa saat hasil pembacaan pada voltmeter dan amperemeter pada tabel pengamatan.
6. Mengulangi kegiatan-2 pada pergeseran jarak pergeseran elektroda C sehingga jaraknya berubah ($AC = 10$ cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm,, 100 cm).
7. Melakukan penyiraman air pada elektroda arus maupun elektroda potensial jika data pengukuran berubah secara ekstrim dari data titik sebelumnya dengan maksud agar kontak elektroda dengan seluruh lapisan batuan pada bak tanah semakin baik sehingga pengukuran amperemeter dan voltmeter memberikan bacaan yang baik dan lebih akurat.
8. Menghitung nilai resistivitas (tahanan jenis) berdasarkan persamaan berikut:
$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I}$$
9. Menentukan konduktivitas listrik material (σ) pada suatu pengukuran.
10. Memplot grafik hubungan karakteristik antara konduktivitas dengan jarak pergeseran elektroda untuk setiap lapisan batuan..
11. Mengulangi kembali kegiatan 5-10 untuk jenis batuan lainnya.

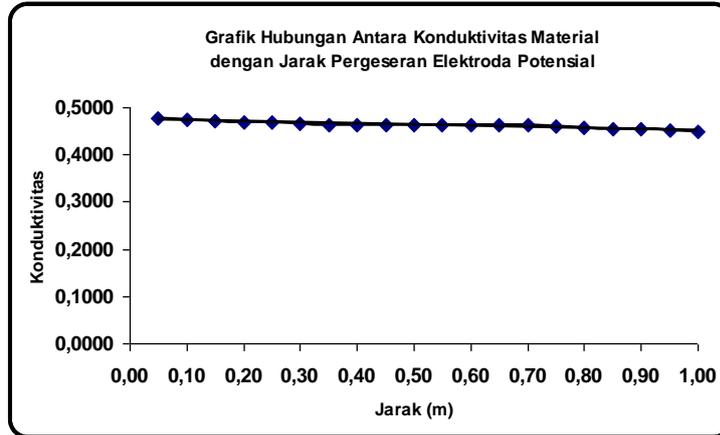
Interpretasi Data

Interpretasi data konduktivitas listrik dilakukan dengan karakteristik kurva (grafik) yaitu salah satu metode dengan cara memplot harga konduktivitas lapisan batuan terhadap jarak pergeseran elektroda potensial kemudian disesuaikan dengan standar harga konduktivitas listrik batuan penyusun lapisan tanah yang telah ditetapkan. Interpretasi data konduktivitas dilakukan dengan membandingkan harga konduktivitas standar beberapa material/batuan dengan hasil konduktivitas pengukuran. Pada interpretasi menggunakan plot grafik sumbu Y menyatakan harga konduktivitas dan sumbu X menyatakan jarak pergeseran elektroda potensial.

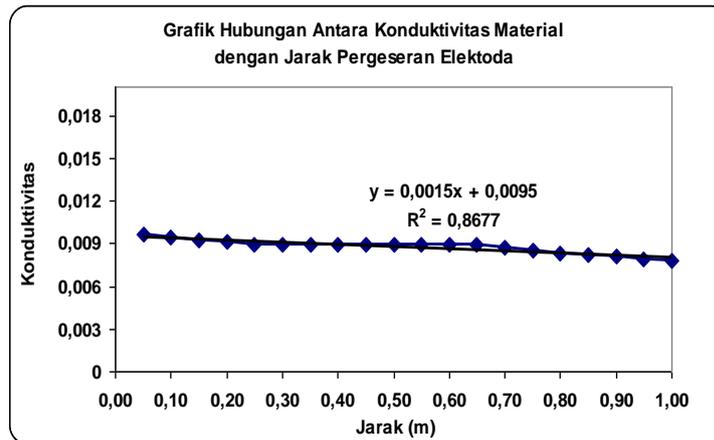
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel material tanah/batuan. Data yang terukur adalah nilai kuat arus (I) dan beda potensial (V) selanjutnya diolah dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk menghitung nilai resistansi (R) di setiap titik, nilai faktor geometri (K), nilai resistivitas (ρ), sehingga diperoleh harga konduktivitas untuk setiap titik pengukuran. Pengukuran dari ke lima sampel material, menghasilkan masing-masing 20 data dan jarak pergeseran elektroda potensial adalah 0,05 m. Sampel material tersebut selanjutnya dianalisis untuk menentukan besarnya konduktivitas masing-masing dari material. Data yang diperoleh dengan metode potensial jatuh, menghasilkan harga konduktivitas yang berbeda (bervariasi).

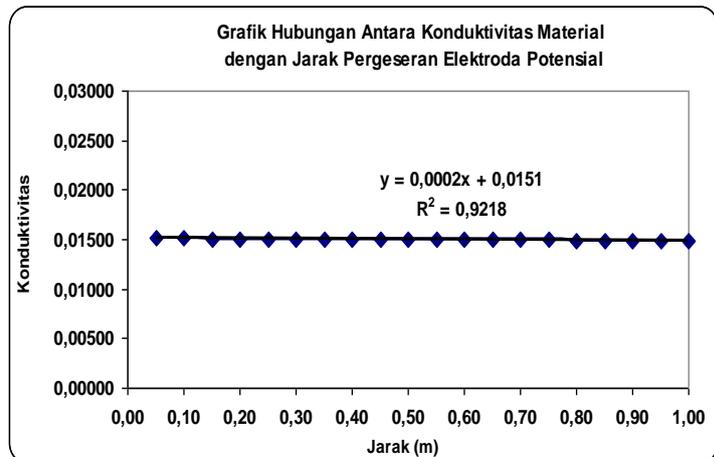
1. Konduktivitas tanah yang mengandung garam (air asin).



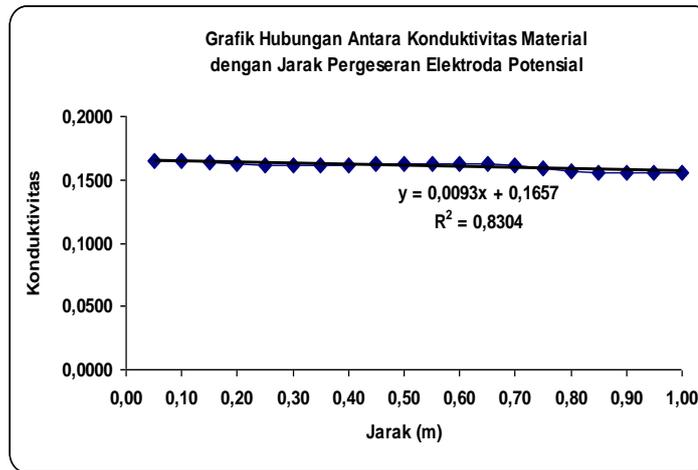
2. Konduktivitas tanah lapisan pasir dan kerikil



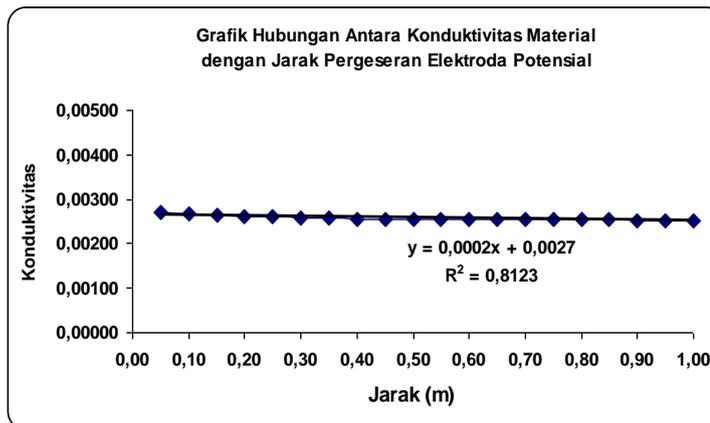
3. Konduktivitas lapisan batu pasir



4. Konduktivitas untuk tanah lempung



5. Konduktivitas untuk batu gamping



Data yang diperoleh dengan menggunakan metode potensial jatuh, menghasilkan harga konduktivitas yang seragam (homogen). Hasil yang diperoleh dari grafik menunjukkan adanya variasi (perbedaan) nilai konduktivitas material untuk setiap lapisan batuan. Variasi nilai konduktivitas ini menunjukkan adanya perbedaan kemudahan arus listrik untuk mengalir pada setiap material penyusun batuan yang dilaluinya. Perbedaan kuat arus untuk mengalir dalam medium lapisan batuan sangat bergantung pada sifat fisik material yang dilaluinya. Sifat fisik tersebut antara lain adalah porositas, permeabilitas, rapat massa, dan distribusi ukuran butiran. Disamping sifat-sifat fisik tersebut nilai konduktivitas juga dipengaruhi oleh elektrolit atau non elektrolit zat cair yang dikandungnya. Dari hasil konduktivitas yang sebenarnya dapat dilihat bahwa tanah yang mengandung air asin mempunyai nilai konduktivitas yang lebih besar dibandingkan jenis lapisan batuan lainnya (tanah lempung, batu pasir, batu gamping yang mengandung kapur, lapisan pasir dan kerikil).

PENUTUP

Kesimpulan

1. Konduktivitas material yang sebenarnya (σ_E) adalah nilai rata-rata konduktivitas yang konstan atau berada pada posisi mendatar pada grafik yang diperoleh dari nilai konduktivitas setiap pergeseran elektroda.
2. Berdasarkan perbandingan kelima jenis material, tanah yang mengandung air asin mempunyai nilai konduktivitas lebih besar dibandingkan dengan jenis material lainnya (tanah lempung, batu pasir, batu gamping yang mengandung kapur, lapisan pasir dan kerikil), dimana untuk tanah yang mengandung garam (air asin) sebesar $0,4626 \Omega \text{ m}^{-1}$, lapisan pasir dan kerikil sebesar $0,0087 \Omega \text{ m}^{-1}$, batu pasir sebesar $0,0150 \Omega \text{ m}^{-1}$, tanah lempung sebesar $0,1608 \Omega \text{ m}^{-1}$ dan batu gamping yang mengandung kapur sebesar $0,00257 \Omega \text{ m}^{-1}$.

Saran

Karena penelitian ini dilakukan di laboratorium maka diharapkan supaya peneliti lain dapat menggunakan metode ini yang langsung dilakukan dilapangan untuk membandingkan dengan hasil penelitiannya dalam menentukan sifat fisis kelistrikan untuk jenis material yang homogen. Kepada peneliti selanjutnya agar dalam mengambil data diharapkan mengukur nilai konduktivitas lapisan material yang heterogen. Bagi yang akan melakukan pengukuran dengan substansi yang sejalan dengan hasil penelitian, maka diharapkan untuk menggunakan metode lainnya misalnya geolistrik tahanan jenis, geomagnet, arus *telluric* dan sebagainya.

DAFTAR RUJUKAN

- Doddy S.G. *Batuan dan Mineral*. Bandung: NOVA. 1986.
- Hasbi Bakri. *Pengantar Geolistrik Tahanan Jenis Dalam Eksplorasi Air Tanah*. Ujung Pandang: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Hasanudin. 1997.
- Muhammad Arsyad. *Pengetahuan Tentang Bumi*. Makassar: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Makassar. 2000.
- Rachmad. K. *Modul Semester Break 2001 Tentang Kursus Metoda Geofisika Seismik Refleksi, Geolistrik, Well Logging dan Ground Penetrating Radar Untuk Eksplorasi Air Tanah, Pertambangan dan Lingkungan*. Bandung: ITB Bandung Jurusan Fisika Laboratorium Fisika Bumi. 2001.
- Rachman Kurniawan. *Workshop Geofisika Eksplorasi Tingkat Dasar*. Makassar: Universitas Hasanuddin. 2001.

Santoso, Joko. *Batuan dan Peta Geologi*. Bandung: Laboratorium Geofisika & Vulkanologi Jurusan Teknik Geologi ITB. 1992.

Samulya & Suratman Woro Suprojo. *Pengantar Geografi Tanah*,. Yogyakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Gajah Madah. 1993.

Suryatmo F. *Teknik Pengukuran Listrik dan Elektronika*. Jakarta: Bumi Aksara 1997.

Telford, W.M.L.P.Geldart,R.E. Sheriff: *Applied Geophysis*. 1990.