

SKRIPSI GEOFISIKA

**IDENTIFIKASI BENDA ARKEOLOGI DI KEC. MAKASSAR DENGAN  
METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER - SCHLUMBERGER**



Oleh :  
**RUSMIN**  
(H221 07 031)

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2013**

**IDENTIFIKASI BENDA ARKEOLOGI DI KEC. MAKASSAR DENGAN  
METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER - SCHLUMBERGER**

Oleh :

**RUSMIN**

**H221 07 031**

*Diajukan*

*Untuk Melengkapi Tugas dan Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada Program Studi Geofisika  
Jurusan Fisika Universitas Hasanuddin*

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA FAKULTAS  
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IDENTIFIKASI BENDA ARKEOLOGI DI KEC. MAKASSAR DENGAN  
METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER – SCHLUMBERGER**

Oleh :

**RUSMIN**

**H221 07 031**

**Disetujui Oleh :**

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pertama**

**Syamsuddin, S.Si, MT**  
**NIP. 197401152002121001**

**Drs. Lantu, M.Eng.Sc, DESS**  
**NIP. 195407171979011003**

**Makassar, 30 Mei 2013**

Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

(QS. Mujadilah:11)

*Dipersembahkan kepada*

**Ibunda Mustika Baji & Ayahanda Muhammad Said**

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan ridho-Nya, sehingga senantiasa penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ IDENTIFIKASI BENDA ARKEOLOGI DI KECAMATAN MAKASSAR DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER – SCHLUMBERGER “. Shalawat serta salam kepada kekasih Allah, Muhammad Saw sebagai surga duniawi nan akhirat bagi umat. Penulisan skripsi ini merupakan persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis ingin menyampaikan segala kerendahan hati dan apresiasi kepada berbagai pihak yang ikut andil dalam keberhasilan penulisan skripsi ini pada proses awal dan akhir tak terlepas dari keterbatasan, rintangan dan hambatan. Rusmin mengucapkan banyak terima kasih kepada selaku pembimbing utama Bapak **Syamsuddin, S.Si, MT** atas bimbingan ilmu dan pengarahan dalam mengawal proses hingga penyelesaian penulisan skripsi dan kepada Bapak **Drs. Lantu, M.Eng. Sc, DESS** selaku pembimbing pertama Ku-ucapkan banyak terima kasih atas pengarahan teori ilmu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih pula Kuhaturkan kepada Bapak **Drs. Hasanuddin, M.Si** selaku penasehat akademik, para selaku dosen-dosen penguji yang banyak memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan skripsi kepada

**Bapak Dr. Muh. Altin Massinai, MT, Surv, Bapak Ir. Bambang Harimei, M.Si dan Bapak Prof.Dr.H. Halmar Halide, M.Sc.**

Buat kawan-kawan keluarga Ge07 tetap semangat *“No Talk Action Only”*. Zul, Syahwan, Cummink, Adi, Kino, Fuad, Imam, Basdar, Fitrah, Titin, Tini, Tiwi, Erti, Miftha, Didhon, Cha2, Umi, Ninda, Nunu, Asbon, Afrianti, Rianti, Dwitha.

Untuk Komandan *“Don’t Stop and Keep Spirit”*. K’Pian, K’Awang, K’Sadri, K’Udin, K’Kune, K’Pluto, K’Mukhlis, K’Ucup, K’Bais, K’Misbah, K’Maknamal, K’Mina, K’Alam, K’Ruru, K’Hasbi, K,Ical, K’Fadil.

Secara Khusus penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta Ibunda **Mustika Baji** dan Ayahanda **Muhammad Said** sebagai orang tua yang senantiasa menuntun dulu hingga kini membesarkan, mendidik dan mengasihi. Juga untuk **Rahmat** (k’matto) senantiasa memotivasi, **Risal, Rina**, buat adik **Rahayu, Ridho, Anugerah**. Tak lupa pula buat kekasih hati **Nurfuaidah** (Suteki). Terima kasih !

Makassar, 30 Mei 2013

Penulis

## SARI BACAAN

Penelitian ini dilakukan pada Kecamatan Makassar, Kota Makassar untuk mengetahui posisi benda Arkeologi pada rumah peninggalan berumur puluhan tahun pada tempat tersebut menyisahkan artefak berupa keramik/atau guci yang terpendam bawah permukaan tanah. Untuk mengetahui posisi benda arkeologi dilakukan pemetaan bawah permukaan secara vertikal dan horizontal dengan metode Geolistrik resistivitas 2D konfigurasi yang digunakan adalah Wenner – Schlumberger sehingga hasil efektif diperoleh yang dapat memudahkan pada proses eskavasi. Berdasarkan hasil inversi anomaly yang diperoleh memiliki nilai resistivitas berkisar 32,19 – 52,19  $\Omega\text{m}$ . Anomali tersebut adalah benda arkeologi berupa keramik, ditemukan dibagian selatan daerah penelitian dengan kedalaman 1,5 meter

**Kata Kunci :** Resistivitas, Artefak, Inversi.

## **ABSTRACT**

The research was conducted at District of Makassar, Makassar city to determine the position of objects Archaeology at home decades-old relics on the site leaving artifacts in the form of ceramic / or urn is buried below the ground surface. To determine the position of objects of archaeological mapping subsurface vertically and horizontally with 2D resistivity Geoelectric method configuration used is Wenner – Schlumberger so that effective results can be obtained which facilitate the process of excavation. Based on the results obtained by inversion anomaly has resistivity values ranging 32,19 – 52,19  $\Omega\text{m}$ . The anomaly is archaeological objects such as ceramics, found in the south area of research with a depth of 1.5 meters.

**Keywords :** Resistivity, Artifacts, Inversion.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>SARI BACAAN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Benda Arkeologi .....	3
II.2 Prinsip Dasar Kelistrikan Bumi .....	7
II.3 Metode Geolistrik Tahanan Jenis .....	14
II.4 Hubungan Antara Arkeologi dan Resistivitas Material .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
III.1 Peta Lokasi Penelitian .....	23

III.2 Peralatan .....	23
III.3 Data Pendukung .....	24
III.4 Metode Pengambilan Data .....	24
III.5 Pengolahan Data .....	25
III.6 Interpretasi Data .....	25
III.7 Bagan Alir Penelitian .....	26

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

IV.1 Hasil .....	27
IV.2 Pembahasan .....	30

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1 Kesimpulan .....	39
V.2 Saran .....	39

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b> Berbagai Jenis Keramik (Perdana, 2010) .....	6
<b>Gambar II.2</b> Medium Homogen Isotropik yang Diinjeksikan Arus Listrik (Hendrajaya, 1990) .....	10
<b>Gambar II.3</b> Aliran Arus Listrik Suatu Titik pada Permukaan Medium Homogen Isotropik (Telford, 1990) .....	14
<b>Gambar II.4</b> Cara Pengambilan Data Geolistrik Tahanan Jenis (Hendrajaya, 1990) .....	16
<b>Gambar II.5</b> Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner – Schlumberger (Hendrajaya, 1990) .....	19
<b>Gambar III.1</b> Peta Lokasi Penelitian (Palulungan, 2012) .....	23
<b>Gambar IV.1</b> Penampang Resistivitas pada Lintasan 1 .....	30
<b>Gambar IV.2</b> Penampang Resistivitas pada Lintasan 2 .....	31
<b>Gambar IV.3</b> Penampang Resistivitas pada Lintasan 3 .....	32
<b>Gambar IV.4</b> Penampang Resistivitas pada Lintasan 4 .....	32
<b>Gambar IV.5</b> Penampang Resistivitas pada Lintasan 5 .....	33
<b>Gambar IV.6</b> Penampang Resistivitas pada Lintasan 6 .....	34
<b>Gambar IV.7</b> Profil Lintasan Berpotongan .....	36
<b>Gambar IV.8</b> Penampang Resistivitas 2D Res2DInv dan 3D RockWorks 14 .....	37

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel II.1</b> Nilai Resistivitas Beberapa Mineral (Loke, 2004).....	21
<b>Tabel II.2</b> Nilai Resistivitas Batuan dan Mineral (Telford, 1990) .....	22

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1** Tabel Data Hasil Pengukuran

**Lampiran 2** Sketsa Lokasi Penelitian

**Lampiran 3** Foto - foto Lokasi Penelitian

**Lampiran 4** Peta Lokasi Penelitian dan Peta Geologi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Penelitian**

Studi tentang peninggalan benda Arkeologi tak lepas dari informasi yang ingin diperoleh mengenai perilaku sosial, budaya para leluhur dan/ atau memanfaatkan sisa artefak sebagai barang bernilai komoditi tinggi/atau sejarah untuk mengetahui peradaban. Rumah peninggalan berumur kisaran puluhan tahun pada lokasi penelitian diduga menyisahkan artefak berupa keramik/atau guci yang terpendam bawah permukaan tanah. Minimnya informasi yang telah diperoleh, perihal peninggalan artefak yang terpendam di bawah permukaan tanah merupakan suatu hambatan dalam proses eskavasi. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran dengan metode pemetaan bawah permukaan di sekitar daerah yang diduga terdapat artefak agar proses penggalian dapat dilakukan tanpa menimbulkan kerusakan dan diperoleh hasil yang signifikan dan efisien.

Salah satu metode pengukuran untuk mengetahui kondisi bawah permukaan tanah ialah dengan metode geolistrik. Metode geolistrik tahanan jenis yang dikenal juga dengan sebutan metode resistivitas merupakan metode yang bersifat aktif, karena menggunakan gangguan aktif berupa injeksi arus yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan benda purbakala.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi wenner – schlumberger yang merupakan resistivitas *mapping* yang biasa dikenal sebagai *profiling* (2D). Agar dapat mengidentifikasi

anomali resistivitas material (benda) secara lateral maupun vertikal. Dengan menggunakan metode geolistrik ini diharapkan untuk memperoleh resistivitas yang berkaitan dengan jenis benda purbakala bawah permukaan.

## **I.2. Ruang Lingkup Penelitian**

Pada penelitian ini dibatasi pada penyelidikan posisi artefak di Kelurahan Bara-baraya, Kecamatan Makassar, Kota Makassar, dengan metode geolistrik menggunakan konfigurasi Wenner - Schlumberger dengan luas daerah eksplorasi 15 m x 12 m.

## **I.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui anomali resistivitas benda arkeologi bawah permukaan lokasi penelitian.
2. Mengetahui posisi keberadaan benda arkeologi bawah permukaan lokasi penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Benda Arkeologi**

Menurut Sudrajat,. Arkeologi, berasal dari bahasa Yunani, *archaeo* yang berarti "kuna" dan *logos*, "ilmu". Nama alternatif arkeologi adalah ilmu sejarah kebudayaan material. Arkeologi adalah ilmu yang mempelajari kebudayaan (manusia) masa lalu melalui kajian sistematis atas data bendawi yang ditinggalkan. Kajian sistematis meliputi penemuan, dokumentasi, analisis, dan interpretasi data berupa artefak (budaya bendawi, seperti kapak batu dan bangunan candi) dan ekofak (benda lingkungan, seperti batuan, rupa muka bumi, dan fosil) maupun fitur (artefaktual yang tidak dapat dilepaskan dari tempatnya (situs arkeologi). Secara khusus, arkeologi mempelajari budaya masa silam, yang sudah berusia tua, baik pada masa prasejarah (sebelum dikenal tulisan), maupun pada masa sejarah (ketika terdapat bukti-bukti tertulis).

Artefak atau *artifact* merupakan benda arkeologi atau peninggalan benda-benda bersejarah, yaitu semua benda yang dibuat atau dimodifikasi oleh manusia yang dapat dipindahkan. Contoh artefak adalah logam, tembikar/gerabah, dan lain-lain. (DEPDIKBUD, 1993).

##### **II.1.1. Logam**

Logam pada umumnya mempunyai angka yang tinggi dalam konduktivitas listrik, konduktivitas termal, sifat luster dan massa jenis. Logam yang mempunyai massa

jenis, tingkat kekerasan, dan titik lebur yang rendah (contohnya logam alkali dan logam alkali tanah) biasanya bersifat sangat reaktif. Jumlah elektron bebas yang tinggi di segala bentuk logam padat menyebabkan logam tidak pernah terlihat transparan. Secara umum logam mulia berarti logam-logam termasuk paduannya yang biasa dijadikan perhiasan, antara lain emas, perak, tembaga dan platina.

Di Indonesia, temuan benda logam dapat diperoleh hampir di seluruh pulau. Pada tahun 1979, tim dari Pusat dan Pengembangan Arkeologi Nasional, yang saat itu masih bernama Pusat Penelitian Arkeologi Nasional, melakukan survei di Kabupaten Jayapura, Provinsi Irian Jaya dan menemukan alat- alat dari bahan perunggu. Alat- alat tersebut berupa kapak, perunggu yang termasuk ke dalam Tipe I A dan IV A (*Bintarti, 1983*). Penemuan benda logam juga terjadi di Situs Sumbawa besar, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Penelitian yang dilakukan pada tahun 1976 ini berhasil menemukan nekara perunggu yang berasal dari masa prasejarah (*Bintarti, 1983*).

Menurut Soegondho (1993), di Pulau Bali bagian barat, sepertinya di Situs Gilimanuk ditemukan benda- benda logam dalam konteks kubur dari zaman prasejarah, khususnya pada masa perundagian (logam). Benda- benda logam tersebut ada berupa tajak dan perhiasan seperti gelang dan anting- anting. Menurut Prasetyo (1994), di Situs Gilimanuk persentase jumlah artefak dari bahan besi lebih sedikit, yaitu 21% daripada artefak dari bahan perunggu, yaitu 50%, sedangkan artefak dari bahan emas hanya ditemukan sebanyak 2%.

Situs dari zaman prasejarah lain juga mengandung temuan logam, adalah Situs Tuban di Jawa Timur. Situs ini mengandung temuan nekara, moko, kapak, dan tombak. Di Jawa Barat, situs yang mengandung temuan logam adalah Situs Pasir Angin dan Situs Anyer. Salah satu benda logam yang ditemukan pada kedua situs ini berupa benda perunggu (*Gihardani, 1993*). Artefak perunggu dari Situs Pasir Angin, pada umumnya dibuat dengan cara dicetak dengan menggunakan cetakan model setangkup (*Suryani, 2004*).

Di Jawa Tengah, salah satu situs dari zaman prasejarah yang mengandung temuan logam adalah Situs Plawangan. Di situs ini ditemukan logam berjenis bahan besi, perunggu, dan perhiasan dari logam (*Sukendar dan Due Awe, 1981*). Situs Plawangan mengandung persentase temuan artefak berbahan besi sebanyak 42% dan artefak berbahan perunggu sebanyak 42%, sedangkan sisanya yaitu artefak berbahan emas sebanyak 16% (*Prasetyo, 1994*)

### **II.1.2. Tembikar/Gerabah**

Tembikar adalah keramik yang dibuat oleh pengrajin. Tembikar dibuat dengan membentuk tanah liat menjadi suatu obyek. Alat tembikar yang paling dasar adalah tangan.

Gerabah adalah perkakas yang terbuat dari tanah liat yang dibentuk kemudian dibakar untuk kemudian dijadikan alat-alat yang berguna membantu kehidupan manusia.

Gerabah diperkirakan telah ada sejak masa prasejarah, tepatnya setelah manusia hidup menetap dan mulai bercocok tanam. Situs-situs arkeologi di Indonesia, telah ditemukan banyak tembikar yang berfungsi sebagai perkakas rumah tangga atau keperluan religius seperti upacara dan penguburan. Tembikar yang paling sederhana dibentuk dengan hanya menggunakan tangan, yang berciri adonan kasar dan bagian pecahannya dipenuhi oleh jejak-jejak tangan (sidik jari), selain itu bentuknya kadang tidak simetris. Selain dibuat dengan teknik tangan, tembikar yang lebih modern dibuat dengan menggunakan tatap-batu dan roda putar.



**Gambar 2.1.** Berbagai jenis keramik (*Perdana, 2010*)

Artefak dalam arkeologi mengandung pengertian benda (atau bahan alam) yang jelas dibuat oleh (tangan) manusia atau jelas menampakkan (*observable*) adanya jejak-jejak buatan manusia padanya (bukan benda alamiah semata) melalui teknologi pengurangan maupun teknologi penambahan pada benda alam tersebut.

## **II.2. Prinsip Dasar Kelistrikan Bumi**

Dalam eksplorasi geofisika , metode geolistrik tahanan jenis merupakan metode yang efektif dan efisien dalam penggunaannya dibidang eksplorasi. Metode geolistrik mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) dari lapisan batuan di dalam bumi sifat tahanan jenis sebagai media/alat untuk mempelajari keadaan geologi bawah permukaan.

Menurut Hendrajaya (1990). Dalam suatu materi, baik itu berupa padatan, cairan maupun gas, terjadi interaksi antara satu atom dengan atom lainnya. Interaksi ini menyebabkan beberapa elektron dapat lepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Banyak tidaknya elektron bebas ini dalam suatu materi menentukan sifat materi tersebut dalam menghantarkan arus listrik. Makin banyak mengandung elektron bebas yang terdapat di dalamnya maka makin mudah materi tersebut menghantarkan arus listrik. Materi yang banyak mengandung elektron bebas disebut konduktor, dan yang tidak mengandung elektron bebas disebut isolator, sedangkan yang sedikit mengandung elektron bebas disebut semikonduktor.

Batuan merupakan suatu jenis materi sehingga batuanpun mempunyai sifat-sifat kelistrikan. Sifat listrik batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat terjadinya ketidaksetimbangan, atau arus listrik yang sengaja dimasukkan ke dalamnya.

### **II.2.1. Konduktivitas Listrik Batuan**

Menurut Hendrajaya (1990). Pada batuan, atom-atom terikat secara ionik atau kovalen. Karena adanya ikatan tersebut, maka batuan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Aliran arus listrik di dalam batuan/mineral dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

1. Konduksi elektronik

Konduksi ini adalah tipe normal dari aliran arus listrik dalam batuan/mineral. Hal ini terjadi, jika batuan/mineral tersebut mempunyai banyak elektron bebas. Akibatnya arus listrik mudah mengalir pada batuan tersebut. Sebagai contoh, batuan yang banyak mengandung logam.

2. Konduksi elektrolitik

Konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan/mineral yang bersifat porus dan pada pori-pori tersebut terisi oleh larutan elektrolit. Dalam hal ini arus listrik mengalir akibat dibawa oleh ion-ion larutan elektrolit. Konduksi seperti ini lebih lambat daripada konduksi elektronik.

3. Konduksi dielektrik

Konduksi ini terjadi pada batuan yang bersifat dielektrik artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar, maka elektron-elektron dalam atom batuan dipaksa berpindah dan berkumpul terpisah dengan intinya, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini sangat bergantung pada konstanta dielektrik batuan yang bersangkutan.

## **II.2.2. Potensial Listrik Pada Bumi**

Menurut Hendrajaya (1990). Potensial listrik alam atau potensial diri disebabkan karena terjadinya kegiatan elektrokimia mekanik. Faktor pengontrol dari semua kejadian ini adalah air tanah. Potensial ini berasosiasi dengan pelapukan mineral pada bodi sulfida, perbedaan sifat batuan (kandungan mineral) pada kontak geologi, kegiatan bioelektrik dari materi organik korosi, gradien termal dan gradien tekanan. Potensial alam ini dapat dikelompokkan menjadi 4 yaitu :

1. Potensial elektrokinetik

Potensial ini disebabkan bila suatu larutan bergerak melalui suatu pipa kapiler atau medium yang berpori.

2. Potensial diffusi

Potensial ini disebabkan bila terjadi perbedaan mobilitas dari ion dalam larutan yang mempunyai konsentrasi berbeda.

3. Potensial Nerust

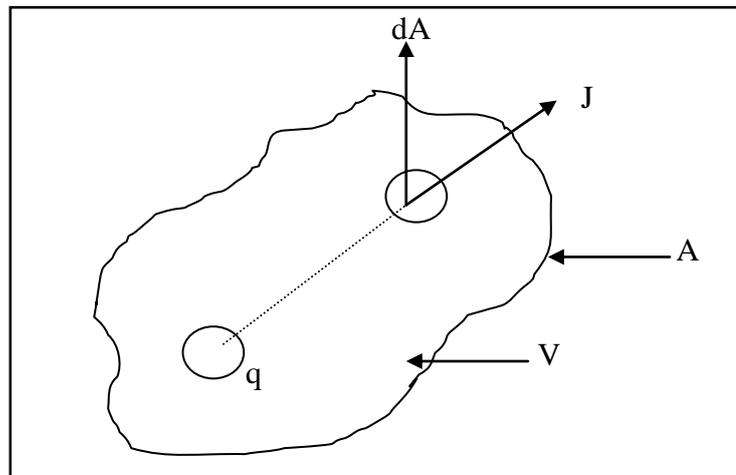
Potensial ini timbul bila suatu elektroda dimasukkan ke dalam larutan homogen.

4. Potensial mineralisasi

Potensial ini timbul bila dua elektroda logam dimasukkan kedalam larutan homogen.

Harga potensial ini paling besar harganya bila dibandingkan dengan jenis potensial lainnya. Biasanya potensial ini timbul pada zona yang mengandung banyak sulfida, graphite dan magnetik.

Apabila suatu sumber arus, mengalirkan arus ke bawah permukaan bumi, maka aliran arus tersebut akan membentuk medan-medan ekipotensial. Dan apabila mediumnya bersifat homogen isotropik, maka medium ekipotensialnya akan berbentuk bola. Bila sumber arus berada di permukaan medium, maka medan ekipotensialnya menjadi setengah bola seperti pada gambar berikut :



**Gambar 2.2.** Medium homogen isotropik yang di injeksikan arus listrik

(Hendrajaya, 1990)

Andaikan arus mengalir  $dI$ , maka rapat arus yang menembus elemen permukaan  $dA$  adalah :

$$dI = \vec{J} \cdot \vec{dA} \quad (\text{II.1})$$

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (\text{II.2})$$

Dimana  $V$  adalah potensial di setiap posisi garis arus yang bersangkutan (volt).

Hubungan rapat arus ( $\vec{J}$ ) dan medan listrik ( $\vec{E}$ ) yang ditimbulkan dapat dihubungkan dengan hukum Ohm :

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (\text{II.3})$$

Dimana  $\sigma$  adalah konduktivitas medium ( $\frac{1}{\Omega m}$  atau mho). Sehingga,

$$\vec{J} = -\sigma \nabla V \quad (\text{II.4})$$

Jika diasumsikan bahwa di dalam muatan yang dilingkupi oleh permukaan  $dA$  tidak terdapat sumber arus maka diperoleh :

$$\int_A^\infty \vec{J} \cdot \vec{dA} = 0 \quad (\text{II.5})$$

Menurut teorema Gauss, integral volume dari divergensi rapat arus yang keluar dari volume yang dilingkupi permukaan ( $A$ ). Sehingga berlaku :

$$\int_0^\infty \nabla \cdot \vec{J} \cdot dV = 0 \quad (\text{II.6})$$

Jika  $V$  suatu volume tak terbatas yang meliputi suatu titik tertentu, diperoleh :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = \vec{\nabla} \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \text{ atau}$$

$$\vec{\nabla} \sigma \cdot \vec{\nabla} V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (\text{II.7})$$

Jika konduktivitas listrik medium ( $\sigma$ ) konstan maka suku pertama pada bagian kiri persamaan (II.7) berharga nol, sehingga :

$$\nabla^2 V = 0 \quad (\text{II.8})$$

Apabila arus listrik di injeksikan ke dalam bumi yang homogen isotropik melalui sebuah elektroda di permukaan pada suatu titik  $P$ , maka arus tersebut akan keluar

secara radial dari titik arus dan potensial di suatu titik yang berjarak  $r$  dari titik  $P$ , sehingga medan elektro potensial berbentuk bola. Persamaan Laplace yang berhubungan dengan kondisi ini dituliskan dalam koordinat bola :

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right\} + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left\{ \sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right\} + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (\text{II.9})$$

Dengan menganggap bumi sebagai medium homogen isotropik, maka bumi mempunyai simetri bola dan struktur, sehingga potensial ( $V$ ) di suatu titik hanya merupakan fungsi  $r$  saja, [ $V = V_{(r)}$ ], sehingga persamaan (II.9) di tuliskan :

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right\} = 0 \text{ atau}$$

$$\frac{2}{r} \frac{dV}{dr} + \frac{d^2 V}{dr^2} = 0 \quad (\text{II.10})$$

Persamaan (II.10) di integralkan akan diperoleh :

$$\frac{dV}{dr} = \frac{C_1}{r^2} \quad (\text{II.11})$$

Menurut Hendrajaya (1990). Apabila persamaan (II.11) akan diperoleh :

$$V_{(r)} = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (\text{II.12})$$

Dengan  $c_1, c_2$  sama dengan konstanta.

Menurut Hendrajaya (1990). Jika syarat batas potensial yaitu pada jarak yang jauh dari titik sumber ( $r \rightarrow \infty$ ), potensial ( $V$ ) berharga nol, maka  $c_2 = 0$  sehingga persamaan berubah menjadi :

$$V = -\frac{C_1}{r} \quad (\text{II.13})$$

Berdasarkan persamaan (II.13) dapat diterapkan pada kasus di bawah ini :

Apabila sumber arus berada di dalam bumi, maka ekuiopotensialnya berbentuk bola.

$$C_1 = -\frac{I}{4\pi r}$$

Sehingga pers. II.13 menjadi :

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad (\text{II.14})$$

$$\text{dimana : } \rho = \frac{1}{\sigma}$$

Apabila kasus sumber arus di permukaan bumi ekuiopotensialnya berbentuk setengah bola, sehingga pers. II.14 menjadi :

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (\text{II.15})$$

atau

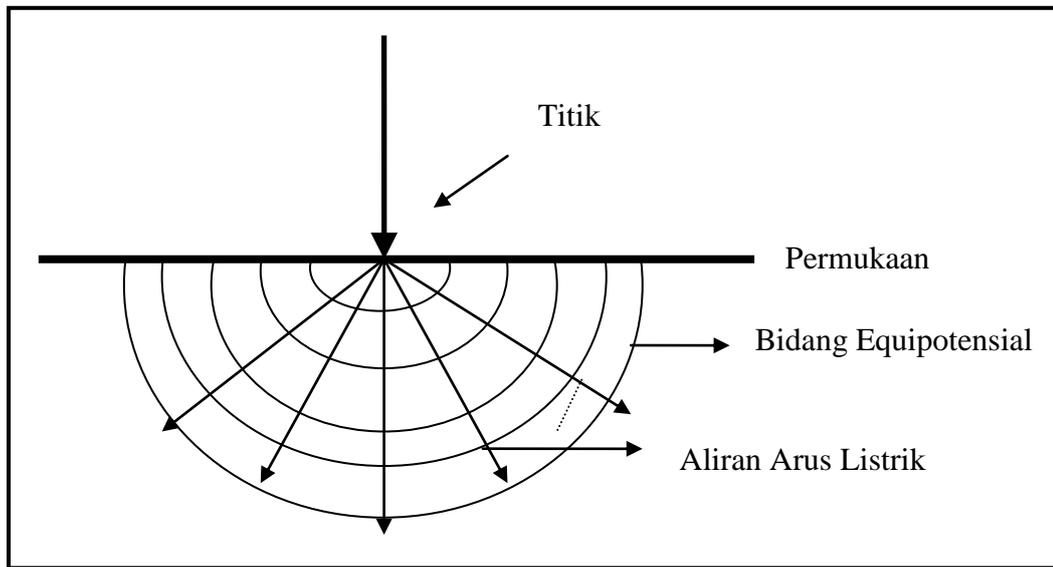
$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (\text{II.16})$$

Dengan :

$V$  = Potensial listrik (Volt)

$\rho$  = Resistivitas (Ohmmeter)

$I$  = Arus (Ampere)



**Gambar 2.3.** Aliran arus listrik suatu titik pada permukaan medium homogen isotropik  
(Telford, 1990)

### II.3. Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Menurut Hendrajaya (1990). Metode geolistrik tahanan jenis merupakan metode yang mempelajari sifat tahanan jenis (*resistivity*) dari lapisan batuan di dalam bumi. Metode ini merupakan metode yang bersifat aktif dengan mengalirkan arus listrik ke dalam lapisan bumi melalui dua elektroda arus, sedangkan potensialnya diukur melalui dua buah elektroda potensial, pada metode geolistrik tahanan jenis disebut sebagai konfigurasi elektroda.

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu :

1. Metode Resistivitas *Mapping*

Merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi tahanan jenis lapisan bawah permukaan bumi secara horizontal. Oleh

karena itu, pada metode ini mempergunakan konfigurasi elektroda yang sama untuk semua titik pengamatan di permukaan bumi. Setelah itu baru dibuat kontur iso-resistivitasnya.

## 2. Metode Resistivitas *Sounding/Drilling*

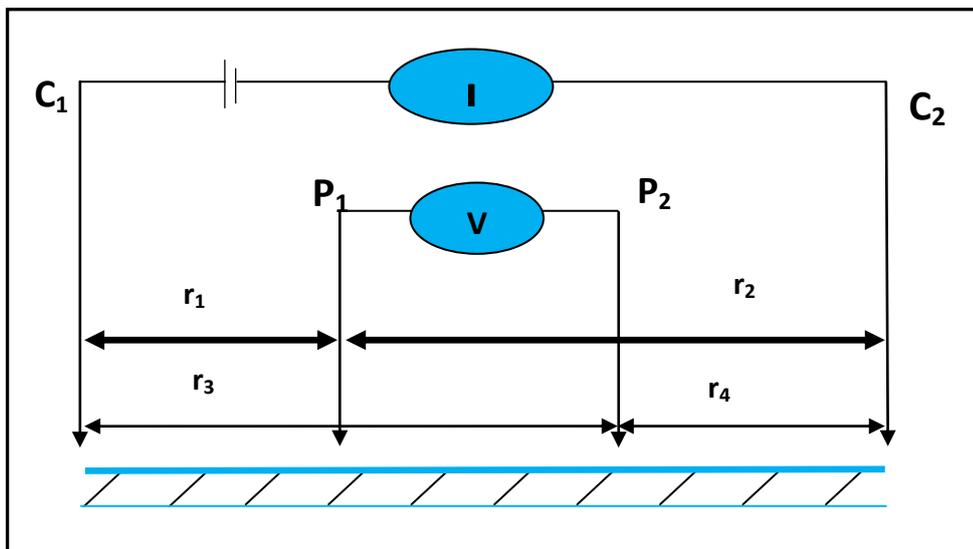
Metode resistivitas *sounding* juga biasa dikenal sebagai resistivitas *drilling*, resistivitas *probing* dan lain-lain. Hal ini terjadi karena pada metode ini bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal.

Menurut Hendrajaya (1990). Pada metode ini, pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan jalan mengubah-ubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda-elektroda ini tidak dilakukan secara sembarang tetapi mulai dari jarak elektroda kecil membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Makin besar jarak elektroda tersebut maka makin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki.

Menurut Hendrajaya (1990). Pada pengukuran sebenarnya, pembesaran jarak elektroda mungkin dilakukan jika mempunyai alat geolistrik yang memadai. Dalam hal ini, alat geolistrik tersebut harus dapat menghasilkan arus listrik yang cukup besar atau kalau tidak, alat tersebut harus sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil sekali. Oleh karena itu, alat geolistrik yang baik adalah alat yang dapat menghasilkan arus listrik cukup besar dan mempunyai sensitivitas yang cukup tinggi.

### II.3.1. Cara Pengambilan Data Geolistrik Tahanan Jenis

Menurut Hendrajaya (1990). Dalam melakukan eksplorasi tahanan jenis (resistivitas) metode yang biasa digunakan pada pengukuran resistivitas secara umum yaitu, dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda potensial ( $P_1$  dan  $P_2$ ), seperti pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Cara pengambilan data geolistrik tahanan jenis (Hendrajaya, 1990)

Dengan :

$r_1$  = jarak dari titik  $P_1$  ke sumber arus positif ( $C_1$ )

$r_2$  = jarak dari titik  $P_1$  ke sumber arus negatif ( $C_2$ )

$r_3$  = jarak dari titik  $P_2$  ke sumber arus positif ( $C_1$ )

$r_4$  = jarak dari titik  $P_2$  ke sumber arus negatif ( $C_2$ )

Pada pengukuran metode geolistrik hambatan jenis yang diukur adalah selisih potensial antara dua elektroda potensial dari kedua elektroda arus, sehingga :

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} \quad (\text{II.17})$$

$$= \left[ \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right\} - \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \right]$$

$$= \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}$$

$$\rho = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}} \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{II.18})$$

Karena resistivitas yang diperoleh adalah resistivitas semu, maka pers. II.18 menjadi :

$$\rho = K \left( \frac{\Delta V}{I} \right) \quad (\text{II.19})$$

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}} \quad (\text{II.20})$$

Dengan :

$\rho_a$  adalah resistivitas semu

$K$  adalah faktor geometri yang tergantung oleh penempatan elektroda dipermukaan (*Hendrajaya, 1990*).

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektrodanya, terdapat berbagai jenis konfigurasi pengukuran yang sering digunakan, diantaranya konfigurasi Wenner, Schlumberger, Dipole-dipole dan lain-lain. Masing-masing konfigurasi ini memiliki karakteristik tersendiri, sehingga setiap konfigurasi memiliki kelebihan dan kekurangan. Setiap konfigurasi tersebut memiliki faktor geometri yang

berbeda-beda, dimana faktor geometri ini akan digunakan dalam perhitungan hasil pengukuran.

### **II.3.2. Konfigurasi Elektroda**

Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik dialirkan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian, besarnya potensial yang disebabkan diukur dipermukaan bumi melalui dua buah elektroda potensial. Besarnya beda potensial diantara kedua elektroda potensial tersebut selain tergantung pada besarnya arus yang dialirkan ke dalam bumi, juga tergantung pada letak kedua elektroda potensial tersebut terhadap letak kedua elektroda arus. Dalam hal ini tercakup juga pengaruh keadaan batuan yang dilewati arus listrik tersebut.

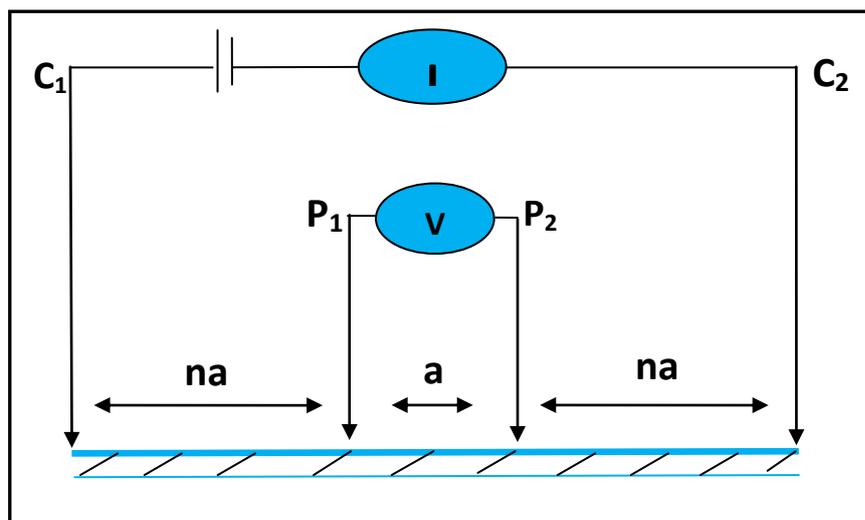
Terdapat berbagai macam aturan yang dipakai untuk menempatkan keempat elektroda di permukaan bumi. Aturan-aturan penempatan keempat elektroda tersebut dalam istilah geofisika sering dinamai sebagai konfigurasi elektroda. Konfigurasi elektroda yang umum digunakan dalam eksplorasi antara lain : Wenner, Dipole – dipole, Schlumberger atau Wenner – Schlumberger. Konfigurasi Wenner adalah konfigurasi yang secara penempatan elektroda baik elektroda arus dan elektroda potensial diletakkan secara simetris. Diketahui bahwa jarak spasi antara elektroda arus ialah  $3a$  dan jarak spasi antara elektroda potensial ialah  $a$ .

Konfigurasi Dipole – dipole adalah konfigurasi secara penempatan elektroda baik elektroda arus dan elektroda potensial diletakkan secara asimetri. Diketahui bahwa elektroda potensial diletakkan diluar elektroda arus dan memiliki jarak

spasi antara elektroda arus ialah  $a$ , jarak spasi antara elektroda potensial  $a$  dan jarak spasi antara elektroda arus dan potensial ialah  $(na)$ ,  $(na+a)$ ,  $(na+2a)$ .

Pengaturan letak elektroda setiap konfigurasi tersebut ada yang sama urutan elektrodanya, namun masing-masing memiliki kekhasan tersendiri. Konfigurasi Wenner - Schlumberger merupakan perpaduan antara konfigurasi Wenner dengan konfigurasi Schlumberger. Konfigurasi Schlumberger 2D memiliki sedikit keunggulan dari konfigurasi wenner dalam penggambaran ketidakhomogenan secara horizontal (*Loke tutorial*. Hal 41). Untuk aturan elektroda Schlumberger, spasi elektroda arus jauh lebih lebar daripada spasi elektroda potensial, seperti terlihat pada gambar 2.5. Pada gambar ini dapat diketahui bahwa jarak spasi antar elektroda arus ialah  $2na+a$ , dan jarak spasi antar elektroda potensial ialah  $a$ , sehingga memiliki faktor geometri :

$$K_s = \pi a n(n+1) \quad (II.21)$$



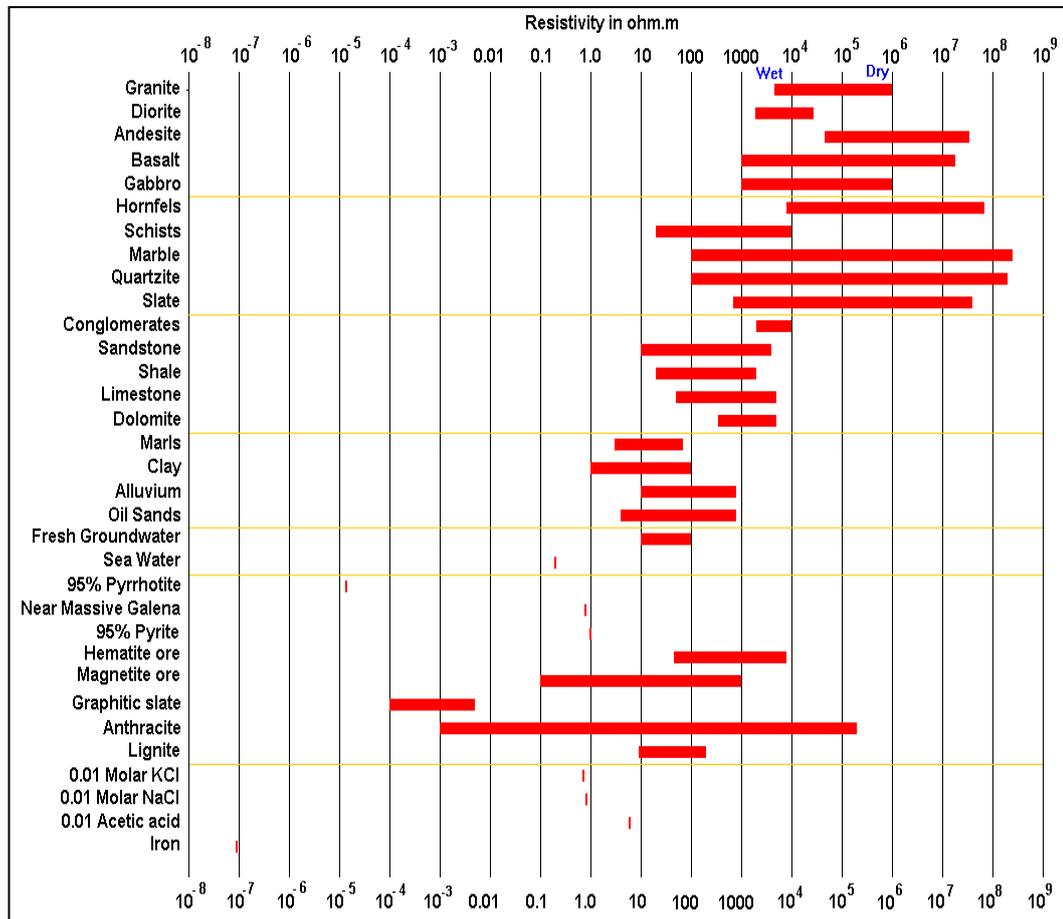
**Gambar 2.5.** Susunan elektroda konfigurasi Wenner - Schlumberger (*Hendrajaya, 1990*)

#### **II.4. Hubungan Antara Arkeologi dan Resistivitas Material**

Survai metode resistivitas memberikan gambaran distribusi resistivitas bawah permukaan. Untuk mengkonversi gambaran resistivitas bawah permukaan membutuhkan sebuah pengetahuan untuk membedakan tipe dari material bawah permukaan dan kenampakan anomali benda arkeologi berdasarkan nilai resistivitas material sangat dibutuhkan.

Resistivitas material tergantung dari bahan penyusun benda arkeologi dan besarnya persentase kandungan fluida yang menjenuhi benda arkeologi. Bagaimanapun nilai dari beberapa material biasanya overlap. Hal ini disebabkan karena resistivitas material dipengaruhi oleh kondisi lokasi pengukuran. (*Arunita MG, 2009*)

**Tabel 2.1.** Nilai resistivitas beberapa mineral



Sumber : Loke, 2004

**Tabel 2.2.** Nilai resistivitas batuan dan mineral

Rocks Type	Resistivity range ( $\Omega\text{m}$ )
Granite porphyry	$4.5 \times 10^3$ (wet)- $1.3 \times 10^6$ (dry)
Feldspar porphyry	$4 \times 10^3$ (wet)
Syenite	$10^2$ - $10^6$
Diorite porphyry	$1.9 \times 10^3$ (wet)- $2.8 \times 10^4$ (dry)
Porphyrite	$10$ - $5 \times 10^4$ (wet)- $3.3 \times 10^3$ (dry)
Carbonatized porphyry	$2.5 \times 10^3$ (wet)- $6 \times 10^4$ (dry)
Quartz diorite	$2 \times 10^4$ - $2 \times 10^6$ (wet)- $1.8 \times 10^5$ (dry)
Porphyry (various)	$60$ - $10^4$
Dacite	$2 \times 10^4$ (wet)
Andesite	$4.5 \times 10^4$ (wet)- $1.7 \times 10^2$ (dry)
Diabase (various)	$20$ - $5 \times 10^7$
Lavas	$10^2$ - $5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3$ - $10^6$
Basalt	$10$ - $1.3 \times 10^7$ (dry)
Olivine norite	$10^3$ - $6 \times 10^4$ (wet)
Peridotite	$3 \times 10^3$ (wet)- $6.5 \times 10^3$ (dry)
Hornfels	$8 \times 10^3$ (wet)- $6 \times 10^7$ (dry)
Schists (calcareous and mica)	$20$ - $10^4$
Tuffs	$2 \times 10^3$ (wet)- $10^5$ (dry)
Graphyte schist	$10$ - $10^2$
Slate (various)	$6 \times 10^2$ - $4 \times 10^7$
Gneiss (various)	$6.8 \times 10^4$ (wet)- $3 \times 10^6$ (dry)
Marble	$10^2$ - $2.5 \times 10^8$ (dry)
Skarn	$2.5 \times 10^2$ (wet)- $2.5 \times 10^8$ (dry)
Quartzites (various)	$10$ - $2 \times 10^8$
Consolidated shales	$20$ - $2 \times 10^3$
Argilites	$10$ - $8 \times 10^2$
Conglomerates	$2 \times 10^3$ - $10^4$
Sandstones	$1$ - $6.4 \times 10^8$
Limestones	$50$ - $10^7$
Dolomite	$3.5 \times 10^2$ - $5 \times 10^3$
Unconsolidated wet clay	20
Marls	3- 70
Clays	1- 100
Oil sands	4- 800
Surface water (ign.rocks)	0.1- $3 \times 10^3$
Surface water (sediments)	10- 100
Soil waters	100
Natural waters(ign. rocks)	0.5- 150
Natural waters (sediments)	1- 100
Sea water	0.2

Sumber : *Telford, 1990*