

PEMODELAN FISIKA APLIKASI METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER UNTUK INVESTIGASI KEBERADAAN AIR TANAH

Teti Zubaidah, Bulkis Kanata

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62 Mataram 83125, Tlp. 0370-6608703, Fax. 0370-636523
E-mail: tetizubaidah@te.ftunram.ac.id dan uqikanata@te.ftunram.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan suatu pemodelan fisika aplikasi metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* untuk investigasi keberadaan air tanah. Pemodelan dilakukan pada suatu bak kaca yang diisi dengan pasir dan tanah liat sebagai *host-rock* dengan injeksi air tanah untuk berbagai volume. Hasil inversi 2-D menggunakan perangkat-lunak IP2WIN menunjukkan bahwa metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* dapat digunakan untuk mengetahui migrasi air tanah. Hal ini dapat dilihat dari perubahan penampang isoresistivitas sebelum dan sesudah injeksi air dengan jumlah yang berbeda, terutama pada titik injeksi air dalam hal ini Titik 3 yang memiliki nilai resistivitas paling rendah (bersifat konduktif). Resistivitas ini berada pada *range* resistivitas air tanah yaitu antara 0,5 sampai 300 ohm meter (Telford et al., 1990).

Kata Kunci: Geolistrik, Resistivitas, Pemodelan fisika, *Schlumberger*.

Abstract

A Physical modeling application geoelectrical method with Schlumberger configuration for groundwater investigation has been done in this research. Modelling was conducted in glass tub with sand and clay as host-rock. Groundwater with different amount is injected to the host-rock. Result of 2-D inversion used IP2WIN software show that geoelectric method with Schlumberger configuration is suitable to know ground water migration. This matter is shown by the change of isoresistivity crosssection before and after be injected for different amount of water, especially at node of water injection (Titik 3) have least resistivity (conductive). This resistivity exists in the range of resistivity of groundwater that is 0.5-300 Ohm meter (Telford et al., 1990).

Key Words: *Geoelectric, resistivity, physical modelling, schlumberger.*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan akan air semakin meningkat baik untuk keperluan kehidupan sehari-hari manusia, peternakan maupun pertanian. Masalah ini memerlukan pemecahan berupa pencarian sumber-sumber air untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Akibat pertumbuhan penduduk maka kebutuhan akan daerah pemukiman juga semakin meningkat. Banyak daerah resapan air digunakan sebagai daerah pemukiman, dan sebagai akibatnya daerah tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan air penduduk yang tinggal di daerah tersebut. Pada musim kemarau, suatu daerah dapat mengalami kekurangan air, sebaliknya pada musim hujan daerah tersebut terkena banjir. Salah satu masalah yang mungkin timbul adalah apakah air yang disimpan tersebut masih berada dalam *reservoir* yang kita inginkan atau barangkali sudah berpindah (migrasi) ke tempat lain. Migrasi air laut atau daerah pantai yang berpasir juga merupakan masalah yang mengganggu penyediaan air layak minum. Untuk itu monitoring intrusi air laut perlu dilakukan untuk

mengurangi dampak yang mungkin terjadi seperti kualitas air yang digunakan dan korosi pada fondasi bangunan.

Untuk menyelesaikan masalah-masalah tersebut di atas, perlu dilakukan studi ke-geofisika-an. Penelitian ini merupakan suatu studi geofisika berupa pemodelan fisis memanfaatkan metode geolistrik tahanan jenis. Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial dan arus listrik yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus di dalam bumi.

Dalam penelitian ini, pemodelan fisis dilakukan dalam sebuah wadah kaca dengan panjang 2 m, lebar 1 m, dan tinggi 0,6 m. Sebagai *host-rock* digunakan pasir dan tanah liat. Pada media tersebut kemudian diinjeksikan arus dan diukur arus maupun potensialnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 4 buah elektroda, yakni 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial.

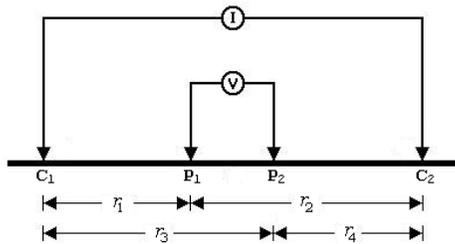
Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Schlumberger yang diharapkan dapat digunakan untuk investigasi keberadaan air.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Azhar dan Gunawan Handayani (2004) telah melakukan pemodelan berskala laboratorium untuk mengukur tahanan jenis beberapa sampel batubara dari Tambang Air Laya menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger, dengan dasar pemikiran metode tahanan jenis telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan eksplorasi lapisan dangkal. Metode tahanan jenis merupakan metode geofisika yang dipakai untuk pengukuran tahanan jenis semu suatu medium. Pengukuran dengan konfigurasi Wenner-schlumberger ini menggunakan 4 elektroda, masing-masing 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Sampel batubara yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tambang Air Laya Sumatera Selatan dan lempung sebagai medium pengukuran diambil dari daerah Ciembulueit Kota Bandung. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika ITB. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa salah satu metoda gofisika yang dapat digunakan untuk memperkirakan keberadaan dan ketebalan batubara di bawah permukaan adalah metoda geolistrik tahanan jenis. Metoda geolistrik dapat mendeteksi lapisan batubara pada posisi miring, tegak dan sejajar bidang perlapisan di bawah permukaan.

2.1 Potensial pada Dua Elektroda Arus di Permukaan

Apabila terdapat dua elektroda arus yang dibuat dengan jarak tertentu seperti Gambar 1, potensial pada titik-titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut.



Gambar 1. Dua pasang elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan tahanan jenis ρ (Bahri, 2005)

Potensial pada titik P_1 akibat elektroda arus C_1 adalah (Reynolds, 1997 dalam Bahri, 2005):

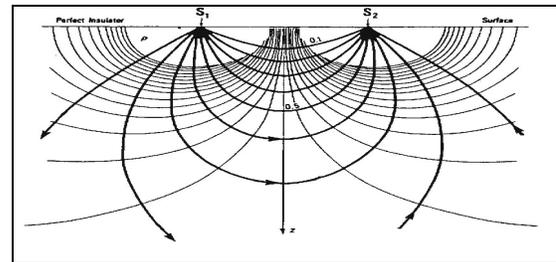
$$V_{11} = \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_1} \tag{1}$$

Karena arus pada kedua elektroda sama dan berlawanan arah, maka potensial pada titik P_2 akibat elektroda arus C_2 dapat ditulis,

$$V_{12} = - \left(\frac{I\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_2} \tag{2}$$

Sehingga potensial pada titik P_1 akibat elektroda arus C_1 dan C_2 adalah,

$$V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \tag{3}$$



Gambar 2. Pola aliran arus dan bidang ekuipotensial antara dua elektroda arus dengan polaritas berlawanan (Bahri, 2005)

Dengan cara yang sama, potensial pada P_2 akibat elektroda arus C_1 dan C_2 adalah,

$$V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \tag{4}$$

Akhirnya, beda potensial antara P_1 dan P_2 dapat ditulis sebagai,

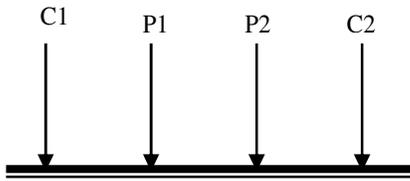
$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \tag{5}$$

Tujuan survai geolistrik tahanan jenis adalah untuk mengetahui resistivitas bawah permukaan bumi dengan melakukan pengukuran di permukaan bumi. Resistivitas bumi berhubungan dengan jenis mineral, kandungan fluida dan derajat saturasi air dalam batuan.

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 tegangan (P_1 dan P_2) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka nilai resistivitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho = k \frac{V}{I} \tag{6}$$

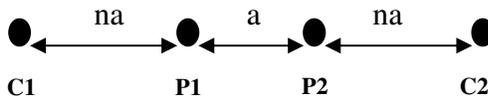
dengan k adalah faktor geometri yang tergantung penempatan elektroda di permukaan.



Gambar 3. Bentuk susunan elektroda pada survey geolistrik tahanan jenis

Gambar 4 memperlihatkan elektroda yang digunakan pada penelitian ini dengan faktor geometri $k = \pi n(n + 1)a$.

Resistivimeter biasanya memberikan nilai resistansi $R = V/I$ sehingga nilai resistivitas dapat dihitung dengan persamaan (6).



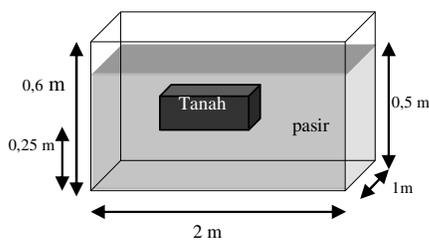
Gambar 4. Bentuk konfigurasi yang digunakan pada penelitian ini

Tabel 1. Nilai resistivitas sebagian material-material bumi (Telford et al., 1990)

Material	Resistivity (Ohm-meter)
Air (Udara)	0
Sandstones (Batu Pasir)	200 – 8.000
Sand (Pasir)	1 – 1.000
Clay (Lempung)	1 – 100
Ground Water (Air Tanah)	0.5 – 300
Sea Water (Air Asin)	0.2
Dry Gravel (Kerikil Kering)	600 – 10.000
Alluvium (Aluvium)	10 – 800
Gravel (Kerikil)	100 - 600

3. METODE PENELITIAN

Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *resistivimeter* dengan serangkaian elektrodanya.



Gambar 5. Medium penelitian berupa pasir dan tanah liat

Bahan penelitian adalah wadah kaca dengan ukuran panjang 2 m, lebar 1 m, dan tinggi 0,6 m yang diisi dengan pasir dan tanah liat sebagai *host-rock* yang disusun seperti pada Gambar 5.

Proses penelitian:

- a. Sket lintasan penelitian
Spasi yang digunakan adalah 10 cm dengan penempatan posisi elektroda potensial dan elektroda arus menggunakan konfigurasi *Schlumberger*.
- b. Pengambilan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - Menyusun rangkaian alat *resistivimeter*.
 - Mengaktifkan *resistivimeter*, kemudian mengalirkan arus listrik ke medium.
 - Mencatat arus listrik (I) dan beda dan beda potensial (V) antara 2 titik elektroda.
 - Menginjeksi medium pengukuran dengan air sebanyak 0,5 liter yang dilakukan pada titik tengah permukaan pasir.
 - Melakukan pengukuran seperti langkah 1 sampai 3 kira-kira 2 jam setelah penginjeksian air.
 - Mengulangi langkah 4 sampai 5 masing-masing dengan penambahan jumlah air yang sama. Penambahan air dalam selang waktu 2 jam dilakukan sebanyak 5 kali.
- c. Pengolahan data
Menghitung nilai resistivitas (ρ) menggunakan persamaan (6) dan diolah menggunakan *Software IP2WIN*.
- d. Interpretasi penampang isoresistivitas berdasarkan Tabel 1.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan nilai R, ρ , dan k

Konstanta geometri k untuk konfigurasi elektroda *schlumberger* digunakan persamaan:

$$k = \pi n(n + 1)a$$

Sedang nilai R diperoleh dengan membagi nilai tegangan dengan nilai arus terukur, selanjutnya menghitung nilai resistivitas (ρ) menggunakan persamaan (6).

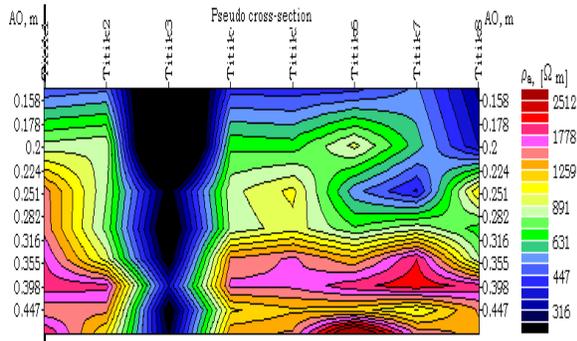
Data hasil perhitungan diinversi menggunakan *software IP2Win* untuk memetakan formasi bawah permukaan yang diukur.

4.2 Penampang melintang isoresistivitas

a. Sebelum injeksi air

Nampak pada titik pengukuran ke 100 cm (Titik 3) memiliki nilai resistivitas lebih kecil dari 447 ohm meter (citra warna biru dan hitam), pada titik pengukuran tersebut terdapat tanah liat, dimana nilai resistivitas tanah liat adalah 1-100 ohm meter (Telford et al., 1990). Sedangkan disekitar Titik 3 memiliki nilai

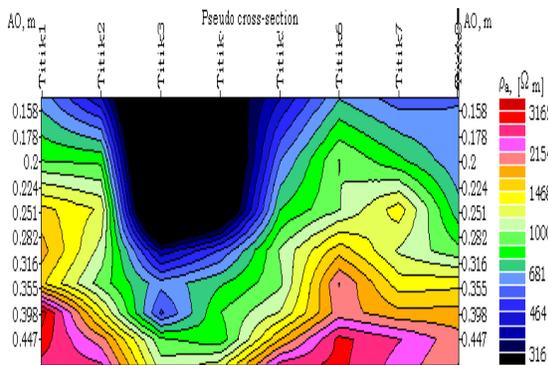
resistivitas yang lebih besar sampai 2512 Ohm meter yang masuk pada *range* resistivitas pasir.



Gambar 6. Penampang isoresistivitas 2D sebelum injeksi air

b. Setelah injeksi air pertama

Pada titik pengukuran lokasi injeksi air (Titik 3) terlihat nilai resistivitas kecil semakin melebar (citra warna biru dan hitam) dengan nilai resistivitas lebih kecil dari 464 Ohm meter, hal ini disebabkan adanya tanah liat yang diinjeksi air sehingga menyebabkan tanah dan pasir di sekitar injeksi air lebih konduktif.

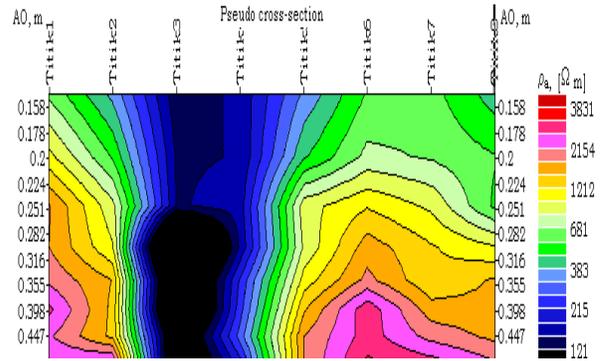


Gambar 7. Penampang isoresistivitas 2D setelah injeksi air pertama

c. Setelah injeksi air kedua

Pada titik pengukuran ke 100 cm (Titik 3) nilai resistivitas lebih kecil 215 ohm meter (citra warna biru dan hitam), nilai resistivitas ini lebih kecil daripada nilai resistivitas material sebelumnya dan juga semakin melebar dan dalam. Hal ini disebabkan karena jumlah volume air yang diinjeksikan pada material tanah liat telah menyebar di seluruh bagian tanah liat yang menyebabkan nilai resistivitasnya menurun, karena air bersifat konduktif. Tanah liat yang pada saat sebelum injeksi air berbentuk persegi telah berubah bentuk

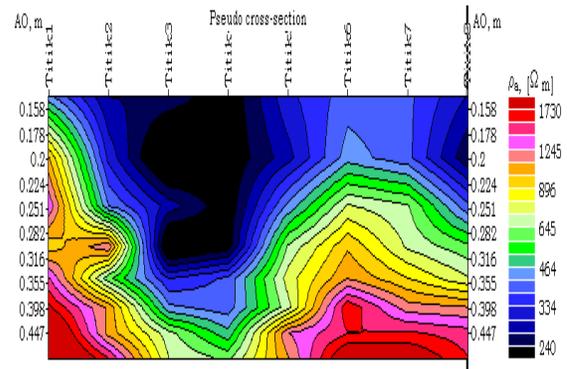
menjadi bentuk yang tak beraturan, karena tanah liat sudah mulai mengikat air.



Gambar 8. Penampang Isoresistivitas 2D setelah injeksi air kedua

d. Setelah injeksi air ketiga

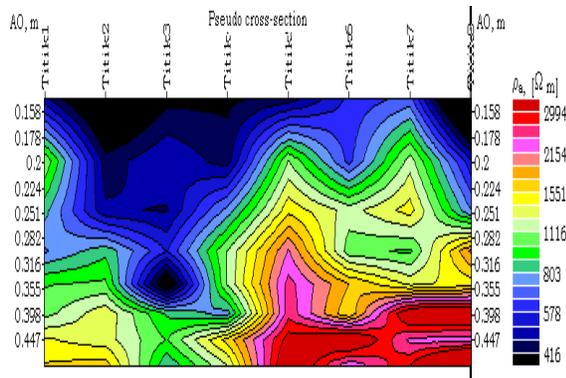
Pada injeksi air ketiga ini terlihat nilai resistivitas kecil (citra warna biru dan hitam) tidak hanya pada titik pengukuran ke 100 cm (Titik 3) tetapi mencakup wilayah pengukuran yang lebih luas.



Gambar 9. Penampang Isoresistivitas 2D setelah injeksi air ketiga

e. Setelah injeksi air keempat

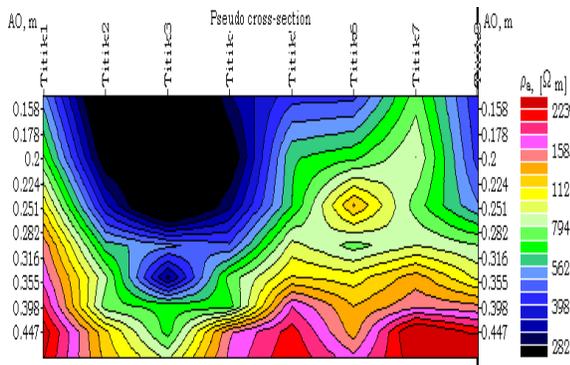
Pada titik pengukuran ke 100 cm (Titik 3) nilai resistivitas meningkat dibanding pada saat injeksi air sebelumnya yaitu lebih kecil 578 ohm meter (citra warna biru dan hitam), dengan wilayah pengukuran yang lebih luas lagi dibanding pada saat injeksi air sebelumnya. Nilai resistivitas tanah liat pada saat injeksi air keempat ini seharusnya memiliki nilai yang lebih kecil daripada nilai resistivitas sebelumnya, hal ini disebabkan adanya nilai resistivitas material pasir bercampur tanah liat.



Gambar 10. Peta Isoresistivitas 2D setelah injeksi air keempat

f. Setelah injeksi air kelima

Pada titik pengukuran ke 100 cm nilai resistivitas lebih kecil dari 562 Ohm meter yang juga menyebar karena semakin banyaknya air yang diinjeksikan.



Gambar 11. Peta Isoresistivitas 2D setelah injeksi air kelima

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat diketahui sebaran air dengan membandingkan nilai resistivitas air yaitu 0,5 – 100 Ohm meter.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Nilai resistivitas material dipengaruhi oleh banyaknya air yang terdapat pada material dalam bak, semakin banyak air yang terkandung dalam material tersebut, maka nilai resistivitasnya akan semakin kecil karena air bersifat konduktif.
2. Perubahan pola tahanan jenis yang besar terjadi apabila susunan elektroda pengukuran berada dekat dengan titik tempat penginjeksian air, respon perubahan tahanan jenis mengecil untuk susunan elektroda pengukuran yang semakin jauh dengan titik tempat penginjeksian air, hal ini memperkuat

kesimpulan bahwa adanya air mempengaruhi nilai resistivitas suatu material.

3. Metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dapat digunakan untuk investigasi keberadaan air.

5.2 Saran

Untuk pembuatan sumur bor yang efisien (hemat waktu dan biaya) pada daerah-daerah yang sering mengalami kekeringan, disarankan menerapkan metode geolistrik terlebih dahulu. Salah satunya adalah konfigurasi *schlumberger* untuk mendapatkan irisan melintang resistivitas yang dapat digunakan untuk mengetahui posisi keberadaan air.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Azhar dan Gunawan Handayani, 2004. *Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Penentuan Tahanan Jenis Batubara*, Jurusan Geofisika Terapan ITB, Bandung.
- [2]. Bahri, 2005. *Hand Out Mata Kuliah Geofisika Lingkungan dengan topik Metoda Geolistrik Resistivitas*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS, Surabaya.
- [3]. Reynolds. J.M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and sons Ltd, New York.
- [4]. Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics* (Vol. 1). Cambridge University Press.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih kepada DIRJEN DIKTI atas pembiayaan penelitian ini.