

# Pencitraan Rembesan Limbah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger 2-dimensi

Agus Suprianto

## ABSTRACT

*Resistivity imaging has been done to identify of the waste leakage on the sand horizontally and vertically. Schlumberger configuration with 5 cm electrode spacing was used. For the interpretation, we used iteration methods on Res2Dinv software. Finally, the waste leakage can be displayed clearly, that indicated with smaller specific resistance from surrounding.*

*Keywords: Imaging, waste leakage, resistivity methods*

## PENDAHULUAN

Salah satu metoda yang banyak dipakai dalam survey geologi adalah metoda geolistrik. Metoda ini melibatkan pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi. Salah satu jenis metode geolistrik yaitu geolistrik tahanan jenis atau sering disebut metode resistivity. Prinsip metoda ini, arus listrik diinjeksi kedalam bumi melalui dua buah elektroda arus, dan pengukuran beda potensial dilakukan melalui dua elektrode potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik akan dapat dihitung variasi harga resistivity listrik pada lapisan di bawah titik ukur (*sounding point*).

Metode geolistrik amat baik untuk eksplorasi dangkal sehingga banyak dipakai dalam eksplorasi geofisika seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, dan eksplorasi geothermal. Fried (1975) memperkenalkan sistem monitoring profil resistivity konfigurasi Schlumberger untuk mengamati gerakan air garam. White (1994)

melakukan monitoring arah dan kecepatan aliran ground water dengan metode resistivity menggunakan konfigurasi Slumberger dan Wenner. Suprianto (2002) melakukan deteksi keberadaan pipa bawah tanah menggunakan konfigurasi dipole-dipole, Priyantari (2004) juga menggunakan metode ini untuk validasi lahan pertanian kelas I dan Menentukan bidang gelincir pada daerah rawan longsor di Prigen Pasuruan, dan Yulianti (2004) berhasil melakukan investigasi rembesan pada dinding sungai.

Limbah dari sisa pembuangan pabrik atau rumah tangga akan merembes kedalam tanah dan dapat mencemari air tanah. Untuk mengetahui apakah air tanah tercemar atau tidak tercemar, dapat dilakukan pengetestan kualitas air baik secara kimia maupun secara fisika. Namun untuk mengontrol rembesan limbah kedalam tanah dan mencegah limbah tidak mencemari air tanah sering tidak mudah dilakukan. Karena selain biayanya besar, limbah umumnya larut dalam air tanah. Sebagai salah satu alternatif untuk mengamati kemung-

kinan adanya rembesan limbah yaitu melakukan pengukuran resistivity listrik.

**TEORI**

Misalkan titik elektroda C(0,0) terletak dipermukaan bumi homogen isotropis dan udara diatasnya dianggap mempunyai konduktivits nol. Kembali lagi seperti kasus sebelumnya bahwa elektroda tersebut terangkai dengan elektroda lain yang berada pada titik yang sangat jauh. Dari titik elektroda C(0,0) diinjeksikan arus I amper ke dalam bumi. Secara geometris, persamaan Laplace dalam kordinat bola dapat diterapkan pada kasus ini dan diperoleh kembali solusi yang diberikan oleh dengan konstanta B=0. Kondisi bidang batas pada z=0 dengan anggapan  $\sigma_{udara} = 0$ , maka:

$$E_z = \frac{\partial V}{\partial z} \Big|_{z=A} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{A}{r} \right) = -\frac{A}{r^2} \frac{\partial r}{\partial z}$$

$$= -\frac{zA}{r^3} \Big|_{z=0} = 0$$

Dalam hal ini arus mengalir melalui permukaan setengah bola menjadi:

$$I = 2\pi r^2 J = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -2\pi \sigma A \tag{1}$$

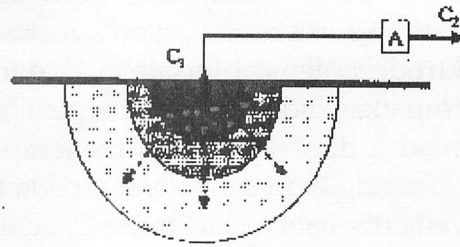
dengan demikian konstanta integrasi A untuk setengah bola yaitu:

$$A = -\frac{\rho I}{2\pi} \tag{2}$$

Sehingga diperoleh:

$$V = \left( \frac{\rho I}{2\pi} \right) \frac{1}{r} \tag{3}$$

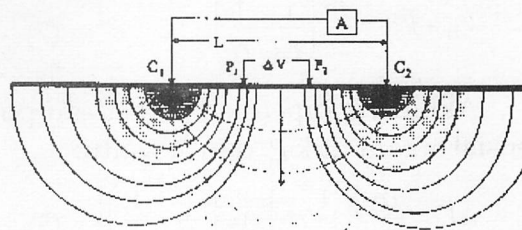
Persamaan (3) adalah persamaan equipotensial permukaan setengah bola yang tertanam seperti gambar 1 berikut.



Gambar 1. Equipotensial dari sumber titik arus di permukaan bumi.

**DUA SUMBER TITIK ARUS LISTRIK DIPERMUKAAN**

Bila jarak antara dua elektroda arus tidak terlalu besar, potensial disetiap titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut. Sehingga equipotensial yang dihasilkan dari kedua titik sumber ini bersifat lebih kompleks dibandingkan sumber arus tunggal, akan tetapi pada daerah dekat sumber arus mendekati bola. Bila dibuat penampang melalui sumber C1 dan C2, maka terlihat pola distribusi bidang equipotensial seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2. Dua titik sumber arus dan equipotensi dipermukaan tanah homogen isotropik resistivity  $\rho$ .

Perubahan potensial sangat drastis pada daerah dekat sumber arus, sedangkan pada daerah antara C1 dan C2 gradien potensial kecil dan mendekati linier (M.I. Tachyudin Taib, 1999). Dari alasan ini, pengukuran potensial paling baik dilakukan pada daerah diantara C1 dan C2 yang mempunyai gradien potensial linier. Untuk menentukan perbedaan po-

tensial antara dua titik yang ditimbulkan oleh sumber arus listrik  $C_1$  dan  $C_2$ , maka dua elektroda potensial misalnya  $P_1$  dan  $P_2$  ditempatkan didekat sumber seperti pada gambar 2 di atas. Dengan menerapkan persamaan (3), maka potensial pada titik  $P_1$  yang disebabkan elektroda  $C_1$  adalah:

$$V_{11} = -\frac{A_1}{r_1} \quad \text{dimana} \quad A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (4)$$

Sedangkan potensial pada titik  $P_1$  karena elektroda  $C_2$  diperoleh:

$$V_{12} = -\frac{A_2}{r_2} \quad \text{dimana} \quad A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \quad (5)$$

Arus pada kedua dua elektroda  $C_1$  dan  $C_2$  adalah sama tetapi arahnya berlawanan sehingga  $A_2 = -A_1$ , dengan demikian potensial total pada titik  $P_1$  dapat dituliskan sebagai:

$$V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (6)$$

Dengan cara yang sama diperoleh potensial pada titik  $P_2$  yaitu:

$$V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (7)$$

Akhirnya, diperoleh perbedaan potensial antara titik  $P_1$  dan  $P_2$  yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (8)$$

Susunan seperti ini berkaitan dengan empat elektroda yang terbentang atau empat titik yang secara normal digunakan dalam pekerjaan medan resistivity.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala Laboratorium untuk mengetahui resistivitas pasir berdasarkan anomali resistivitas listriknya. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Jember, menggunakan pasir sebagai medium

dan limbah sebagai pencemar.

## Alat dan bahan yang digunakan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Resistivity meter
- Accu sebagai sumber arus DC
- 2 elektroda arus
- 2 elektroda potensial
- kabel-kabel penghubung
- meteran
- bak berisi pasir

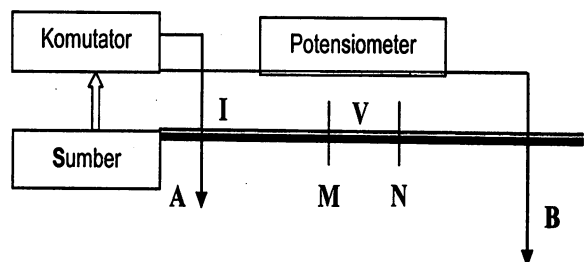
Dalam penelitian ini digunakan alat Resistivity meter. Sedangkan bak pasir dibuat dari bahan kaca berukuran panjang 2 meter, lebar 1,2 meter dan tingginya ,6 meter.

## Prinsip Kerja Alat

Pada dasarnya alat resistivity meter yang digunakan ini mempunyai dua bagian utama, yaitu:

- Bagian komutator bekerja mengubah isyarat arus searah menjadi arus bolak-balik yang kemudian diinjeksi kedalam bumi.
- Bagian potensiometer berfungsi untuk mengukur beda potensial antara dua titik dipermukaan bumi.

Sistem kerja alat resistivity meter dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Konfigurasi sistem kerja alat Resistivity meter.

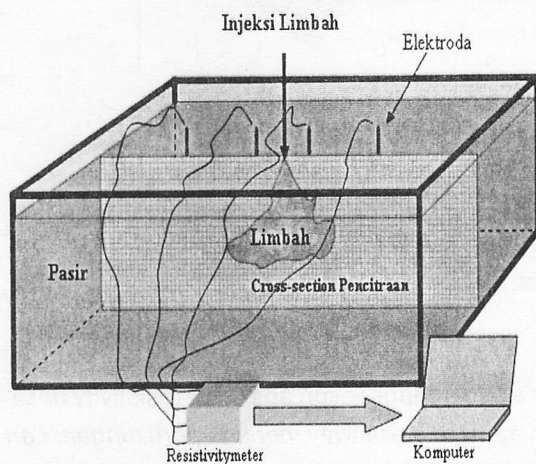
Arus searah dari sumber DC dialirkan ke bagian komutator untuk diubah menjadi arus bolak-balik kemudian diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Beda potensial antara dua titik dipermukaan bumi akibat injeksi arus listrik diukur pada bagian potensiometer melalui dua elektroda potensial.

**Pengambilan data**

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menyusun rangkaian alat resistivity meter seperti pada gambar 4, untuk konfigurasi Schlumberger dengan jarak AM=BN = n kali MN (n=1, 2, 3, ...).
- b. Mengaktifkan resistivity meter, kemudian melakukan injeksi arus listrik medium pasir.
- c. Mencatat arus listrik yang mengalir (I), potensial diri (V<sub>sp</sub>), beda potensial antara dua titik elektroda.
- d. Langkah ini diulang untuk volume injeksi limbah limbah yang berbeda untuk melihat pola penyebaran rembesannya.

Adapun desain akuisisi data tersebut seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4 di bawah ini,



Gambar 4. Desain Pengambilan data penelitian

**PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA**

Dari data hasil pengukuran kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) dengan rumus:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \text{ dengan}$$

$$K = 2\pi \left[ \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left( \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]$$

Untuk konfigurasi Schlumberger maka:

$$MN = a$$

$$AM = BN = n a$$

$$BM = AN = (n+1)a$$

Apabila disubsitusikan nilai ini ke dalam persamaan diperoleh:

$$K = n(n+1)\pi a ; n = 1,2,3,...$$

Nilai resistivitas semu dari hasil perhitungan diolah dengan menggunakan program RES2DINV untuk inversi 2 dimensi. Dari inversi 2D tersebut diperoleh penampang resistivitas yang menggambarkan anomali resistivitas listrik permukaan pasir yang diteliti. Gambaran mengenai penyebaran data resistivitas semu yang akan diolah metode inversi 2D.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

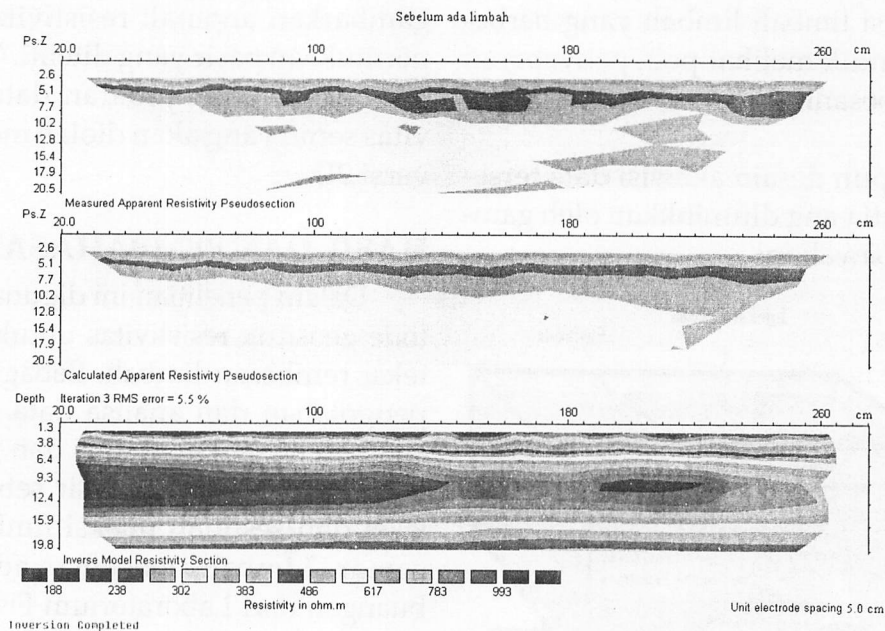
Dalam penelitian ini digunakan metode geolistrik resistivitas untuk mendeteksi rembesan limbah. Sebagai bahan pengolahan dan analisa data telah dilakukan pengukuran arus dan potensial listrik pada medium pasir sebelum injeksi dan sesudah injeksi limbah pencemar. Limbah pencemar adalah air buangan dari Laboratorium Fisika yang mengandung beberapa zat kimia, olie, minyak, detergen dan sebagainya yang merupakan buangan sisa dari praktikum. Dalam pengukuran ini digunakan metode Geolistrik dengan konfigurasi Schlum-

berger dan data hasil pengukuran diolah dengan menggunakan Res2DInv. Pengukuran ini menggunakan jarak spasi elektroda potensial 5 cm. Hasil dari akuisisi data dan resistivitas semu selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3 Data Penelitian. Selanjutnya, data resistivitas semu hasil pengukuran ini diolah menggunakan program Res2DInv untuk melihat penampang resistivitas listrik pasir serta anomaly yang mengindikasikan rembesan limbah di bawah permukaan.

### Resistivitas Listrik Pasir

Berdasarkan hasil inverse untuk konfigurasi Schlumberger dengan jarak spasi potensial 5 cm diperoleh penampang resistivitas listrik pasir seperti ditunjukkan oleh gambar (5). Nilai resistivitas actual pasir hasil inverse berkisar antara 188 ohm.m sampai 993 ohm.m dengan kesalahan iterasi 5.5 %. Pada

gambar tampak bahwa penampang resistivitas pasir menurut model inverse seolah-olah terdiri dari beberapa lapisan, yang sebenarnya tidak terdiri dari lapisan-lapisan lainnya selain pasir. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai suatu rentang harga resistivitas yang diduga karena perbedaan kerapatan antar butir pasir itu sendiri, secara alamiah pasir di bagian bawah akan mengalami pembebanan yang lebih besar daripada bagian sebelah atas yang akan berakibat kerapatan pasir akan bergradasi semakin besar ke arah bawah. Hal lain yang mengganggu kualitas data adalah factor pantulan dari dinding-dinding bak pembatas pasir itu sendiri, dimana antara pasir dan pembatas baik pembatas samping, atas maupun bawah merupakan suatu material yang berbeda sehingga efek kelistrikannya juga berbeda sehingga seolah-olah akan menimbulkan efek pantulan.

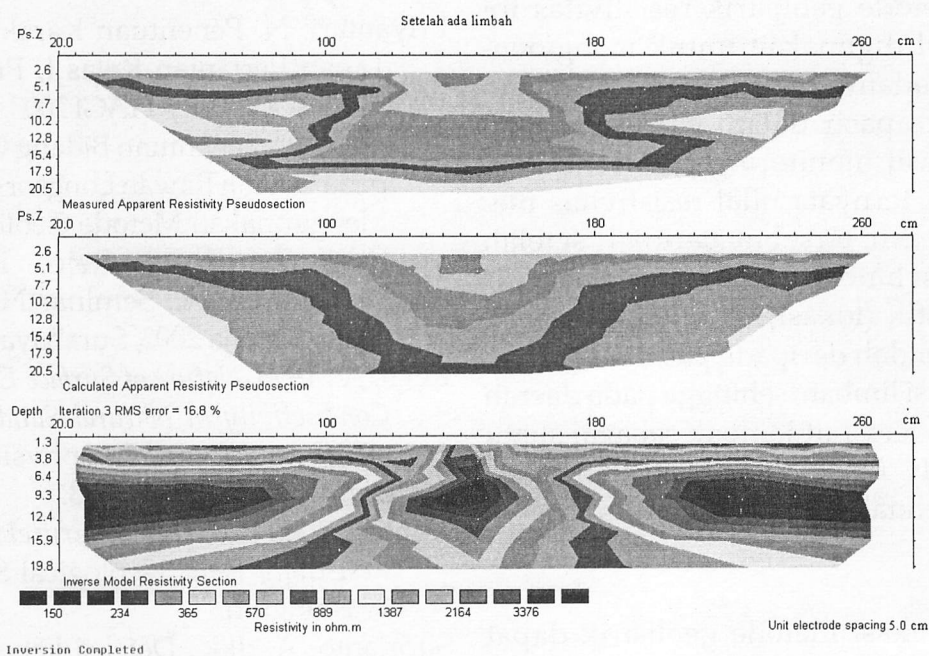


Gambar 5. Penampang resistivitas pasir. Gambar atas pseudosection apparent resistivity hasil pengukuran; Gambar tengah adalah pseudosection apparent resistivity menurut perhitungan; dan gambar bawah adalah model resistivity hasil dari inverse.

### Resistivitas Listrik Pasir setelah diinjeksi limbah

Pada medium pasir yang setelah di injeksi dengan limbah untuk konfigurasi Schlumberger diperoleh penampang resistivitas listrik pasir seperti ditunjukkan oleh gambar (6). Dari hasil pengolahan nilai resistivitas pasir dari hasil inversi didapat harga resistivitas antara 150 Wm sampai 3376 Wm dengan ralat sebesar 16.8 %.

Limbah yang diinjeksikan pada medium pasir sebanyak 5 cc, dan dari hasil penelitian dan inverse yang dilakukan ternyata limbah dapat mempengaruhi nilai resistivitas listrik medium pasir yang diperlihatkan dengan adanya anomaly disekitar titik injeksi limbah tersebut. Dimana titik injeksi tersebut berada pada titik 140 cm. Tampak bahwa pengaruh limbah terhadap resistivitas listrik paling besar pada titik injeksi limbah

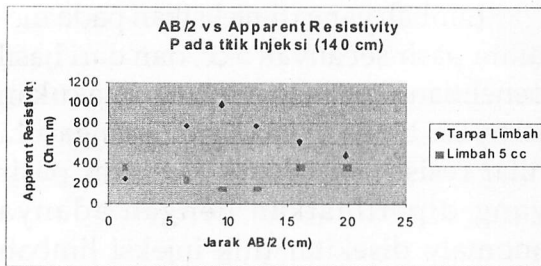


Gambar 6. Penampang resistivitas pasir setelah diinjeksi limbah. Gambar atas pseudosection apparent resistivity hasil pengukuran; Gambar tengah adalah pseudosection apparent resistivity menurut perhitungan; dan gambar bawah adalah model resistivity hasil dari inverse.

### Resistivitas Pasir sebelum dan sesudah injeksi pada titik sounding 140 cm

Berikut ini disajikan resistivity hasil pengukuran arus dan potensial listrik dari medium pasir yang diinjeksik dengan limbah. Penginjeksian limbah dilakukan di titik 140 cm dengan lim-

bah sebanyak 5 cc. Pada grafik gambar (7) terlihat bahwa injeksi limbah pada medium pasir mempengaruhi nilai resistivitasnya, hal ini ditunjukkan dari perbedaan grafik resistivitas listrik medium pasir sebelum dan sesudah terinjeksi oleh limbah/ polutan, dimana harga resistivitas pasir menurun setelah terinjeksi oleh limbah.



Gambar 7. Hubungan nilai resistivitas semu vs Jarak AB/2 pada titik injeksi (140 cm)

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Metode geolistrik resistivitas ini berhasil digunakan untuk mengidentifikasi adanya rembesan limbah dalam medium pasir dalam bak penelitian. Dari hasil monitoring pola rembesan limbah, ternyata nilai resistivitas medium pasir tersebut berubah setelah diinjeksi limbah. Nilai resistivitas pasir pada titik (lokasi) pemberian limbah lebih rendah daripada pasir yang tidak terinjeksi limbah, sehingga pada daerah (lokasi) tersebut tampak sebagai suatu anomaly resistivitas yang berharga lebih rendah daripada sekeliling.

### Saran

Aplikasi metode geolistrik dapat dipakai sebagai alat monitoring rembesan limbah, namun untuk kondisi lapangan masih harus dikaji lebih jauh dan mendalam dan mutlak diperlukan data-data informasi dari sumber lain. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kemungkinan menggunakan metode resistivitas ini sebagai alat monitoring untuk mengejar pola rembesan limbah dan mengejar pola rembesan limbah di lapangan, sehingga bias diprediksi sejauh mana rembesan limbah tersebut sudah mencapai lapisan air tanah atau tidak, kalau sudah mencemari atah pencemarannya kemana, dsb).

## DAFTAR PUSTAKA

- Apparao. A., 1997, *Developments in Geoelectrical Methods*, National Geophysical Research Institute Hyderabad, India.
- Herrick, D.C., Kennedy, W.D., *Electrical Efficiency- A pore gometric theory for interpreting the electrical properties of reservoir rocks*, *Geophysics*, 59, 918-927, 1994.
- K.T. David., 1995, *Groundwater Hydrology Second Edition*, John Willey & Sons, Singapore.
- Priyantari. N, Penentuan Karakteristik Tanah Pertanian Kelas I, Proc. Seminar JCCIAGI / HAGI 2003, Jakarta.
- Priyantari. N, Penentuan Bidang Gelincir pada Daerah Rawan Longsor dengan Menggunakan Metode Geolistrik di Desa Lumbang Rejo, Prigen, Pasuruan, Proc. Seminar Nasional Pasca Sarjana 2003, Surabaya.
- Revil, A., 1996, *Nature of Surface Electrical Conductivity in Natural Sand, Sandstones, and Clays*, *Geophysical Research*, 25, 691-694, 1998.
- Robert G.V.N., 1966, *Interpretation of Resistivity Data*, Geological Survey, Washington.
- Suprianto. A, dkk., Deteksi keberadaan pipa bawah tanah dengan metode Geolistrik, *AGRI-TEK, Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Eksakta*, Mei 2002, ISSN 1411-5336.
- Telford. W.M., dkk, 1990, *Applied Geophysics Second Edition*, New York, Cambridge University Press.
- White, P.A., *Electrode arrays for measuring groundwater flow direction and velocity*, *Geophysics*, 59, 192-201, 1994.
- Yulianti. N., dkk, Investigasi rembesan/ kebocoran dinding sungai/kanal dengan metode resistivitas, Laporan penelitian DIK'S Universitas Jember, 2004.