

Model Sebaran Limbah Merkuri Menggunakan Metode Geolistrik Di Kawasan Pertambangan Emas Rakyat Poboja Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah

Muhammad Rusli M¹⁾, Nanda Febriani Mandala²⁾, and Abdullah³⁾,
Moh. Dahlan Th. Musa⁴⁾, Sandra⁵⁾, Badaruddin⁶⁾

¹⁾ Teknik Geofisika Universitas Tadulako

^{a)}Corresponding author: muhammad.rusli.m@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Pertambangan emas rakyat di Kelurahan Poboja Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah menggunakan merkuri dalam jumlah sangat banyak sekitar 621,37 ppm atau 500 cc/tromol dalam satu kali pengolahan. Proses pengolahan ini menyebabkan tingginya kandungan limbah merkuri disekitar lingkungan pengolahan. Sampel lumpur yang diambil dari sisa pengolahan tromol mengandung merkuri sebesar 114,0101 ppm. Penelitian ini mengkaji pola sebaran limbah merkuri berdasarkan data hambatan jenis pada area pertambangan emas rakyat Poboja menggunakan metode geolistrik. Pengukuran menggunakan *Automatic Array Scanning* (AAS) dengan konfigurasi *Wenner*. Pengukuran terdiri dari 5 lintasan, dimana lintasan 1 dan 2 terdiri dari 22 elektroda sedangkan lintasan 3, 4, dan 5 terdiri dari 19 elektroda dengan jarak spasi elektroda 7 meter. Uji laboratorium pada sampel limbah merkuri juga dilakukan menggunakan metode *Wheatstone Bridge* untuk mengetahui nilai hambatan jenis limbah merkuri. Model Sebaran limbah merkuri 2D dimodelkan menggunakan *Software Res2dinv*, selanjutnya sebaran limbah merkuri 3D dimodelkan menggunakan *Software Voxler*. Hasil penelitian menunjukkan rentang nilai hambatan jenis limbah merkuri pada lokasi penelitian berkisar antara 4 Ω m hingga 65 Ω m, dengan *litologi* penyusun berupa formasi *Alluvial*. Model hambatan jenis 2D menunjukkan adanya kandungan limbah merkuri pada lintasan 1, 2, 3 dan 5. Model hambatan jenis 3D memperlihatkan pola sebaran limbah merkuri cenderung menyebar secara horizontal pada radius 5 meter dari kolam lumpur dan secara vertikal penetrasi merkuri telah menyebar hingga kedalaman 1,75 meter hingga 10 m. Konsentrasi limbah merkuri tertinggi berada pada bagian permukaan dan berangsur berkurang hingga kedalaman 10 meter.

Kata Kunci: Pertambangan Emas Rakyat; Merkuri; Geolistrik; Hambatan Jenis; *Wenner*.

ABSTRACT

Illegal gold mining in Poboja Village, Palu City, Central Sulawesi Province uses large amounts of mercury of 621.37 ppm or 500 cc/drum in one processing. This processing process causes high levels of mercury waste around the processing area. Sludge samples taken from drum processing residues contained 114.0101 ppm of mercury. This research examines the distribution pattern of mercury waste based on data resistivity in the Poboja community gold mining area using the geoelectric method. Measurements use Automatic Array Scanning (AAS) with Wenner configuration. The measurement consists of 5 line, where line 1 and 2 consist of 22 electrodes while line 3, 4 and 5 consist of 19 electrodes with an electrode spacing of 7 meters. Laboratory tests on mercury waste samples were also carried out using a Wheatstone Bridge to determine the resistivity value of mercury waste. The 2D mercury waste distribution model was modeled using Res2dinv software, then the 3D mercury waste distribution model was modeled using Voxler software. The research results show that the range of resistivity shows the presence of mercury waste content in paths 1, 2, 3 and 5. The 3D type obstacle model shows that the distribution pattern of mercury waste tends to spread horizontally over a radius of 5 meters from the centre processing and vertically the penetration of mercury has spread to a depth of 1.75 meters to 10 m. The highest concentration of mercury waste is at the surface and gradually decreases to a depth of 10 meters.

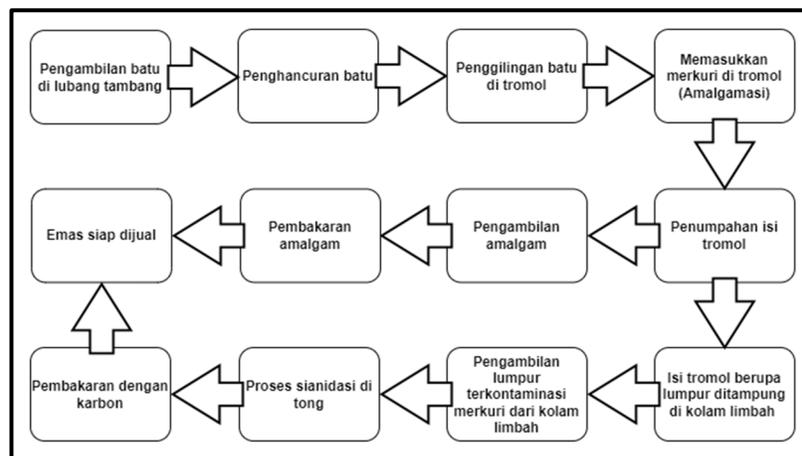
Keywords: *Illegal Gold Mining; Mercury; resistivity; Wenner.*

PENDAHULUAN

Penggunaan merkuri untuk memisahkan emas dari campuran sedimen banyak dilakukan pada proses pengolahan emas rakyat yaitu melalui proses amalgamasi dan proses pembakaran. Sisa pengolahan emas yang masih mengandung merkuri berupa limbah *tailing*, kemudian dibuang di sekitar pemukiman sehingga

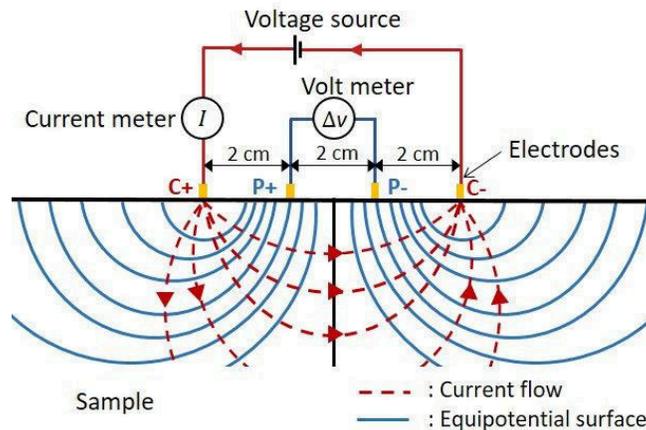
berpotensi mencemari tanah dan air tanah (Setiyono dalam Albasar dkk, 2013). Limbah merkuri yang dibuang langsung ke lingkungan akan mengakibatkan terjadinya perubahan *methylation potential* ke *methyl mercury* oleh mikroorganisme ke dalam tanah dan air tanah. Proses *Methylating* berhubungan dengan pengasaman air tanah (Anonim dalam Putranto, 2011). Limbah hasil pengolahan emas yang masih mengandung merkuri dibuang oleh para penambang akan mengalir di bawah permukaan tanah dan akan sangat sulit untuk diamati sejauh mana rembesan limbah tersebut. Penyebaran limbah merkuri di bawah tanah dapat diidentifikasi dengan metode geolistrik hambatan jenis, dimana arus listrik searah diinjeksikan melalui dua elektroda yang dialiri arus ke bawah permukaan kemudian diamati nilai potensial yang terbentuk (Suhendra, 2005).

Proses pengolahan bijih emas yang dilakukan di kawasan Poboya yaitu dengan metode amalgamasi, dimana amalgamasi adalah proses penggilingan dan proses pembentukan amalgam yang dilaksanakan di dalam tromol secara bersamaan. Pada proses penggilingan tersebut merkuri dimasukkan ke dalam lumpur untuk membentuk amalgam dan partikel senyawa, kemudian digiling selama kurang lebih 6 jam. Proses ini menghasilkan lumpur yang mengandung merkuri dan amalgam (campuran merkuri dengan logam berharga termasuk emas). Lumpur yang masih mengandung merkuri ditumpah dari tromol, kemudian dibuang ke kolam – kolam limbah. Alur proses pengolahan emas di tambang emas rakyat Poboya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur proses pengolahan emas di kawasan pertambangan emas rakyat Poboya

Metode geolistrik hambatan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan variasi nilai hambatan jenis untuk mencari sumber air tanah dan mendeteksi pencemaran bawah permukaan tanah (Reynolds, 1997). Metode ini dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan bumi menggunakan 2 buah elektroda arus kemudian diukur beda potensialnya melalui 2 buah elektroda potensial. Pada metode geolistrik hambatan jenis diasumsikan arus listrik yang diinjeksikan mengalir dalam medium homogen isotropis (Telford dkk, 1990). Bentuk susunan elektroda pada pengukuran geolistrik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penggunaan Elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan tanah homogen isotropis pada metode geolistrik.

Sumber titik arus listrik yang berada di permukaan bumi akan merambat ke segala arah secara radial yang berbentuk setengah permukaan bola dengan luas $2\pi r$ maka, potensial (V) pada titik r dari sumber arus (I) adalah :

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r} \text{ atau } \rho = (2\pi r) \frac{V}{I} \quad (1)$$

Pada Gambar 2 jarak (r) antar 2 elektroda arus dibuat dengan jarak tertentu sehingga menyebabkan potensial dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut, maka beda potensial (ΔV) yang ditimbulkan adalah :

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

Pada kondisi sebenarnya, bumi terdiri dari lapisan – lapisan tanah dengan nilai ρ yang berbeda – beda. Potensial yang terukur adalah nilai medan potensial oleh medium berlapis. Dengan demikian, hambatan jenis yang terukur di permukaan bumi bukanlah nilai hambatan jenis yang sebenarnya melainkan hambatan jenis semu. Berdasarkan Persamaan 2 diperoleh :

$$\rho_a = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (3)$$

Sehingga, hambatan jenis semu dirumuskan dengan :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

Dimana K merupakan faktor geometri :

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (5)$$

Penggunaan metode geolistrik untuk mengidentifikasi rembesan limbah merkuri pertambangan emas telah dilakukan oleh Bidesari (2018), bahwa nilai hambatan jenis yang diindikasikan tercemar limbah merkuri pada lintasan 1 berkisar 3,36 – 10 Ωm, lintasan 2 berkisar 11,2 – 34,1 Ωm, lintasan 3 berkisar 30,7 – 70 Ωm. Menurut Aflah dkk. (2015), hasil dari pengukuran geolistrik di kawasan Krueng Sabe didapatkan nilai

hambatan jenis tanah yang terkontaminasi limbah merkuri pada lokasi penelitian berkisar dari 2-5 Ω m dimana kontaminasi terjadi secara vertikal hingga kedalaman 3 m. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai hambatan jenis sampel tanah yang tercemar merkuri lebih rendah dari pada sampel tanah yang tidak tercemar merkuri.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian pengukuran geolistrik hambatan jenis ini diharapkan dapat mengetahui sebaran limbah merkuri di bawah permukaan tanah.

METODE

Penelitian penyebaran limbah merkuri ini dilakukan pada site pengolahan emas rakyat menggunakan Tromol, di Kelurahan Poboya, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada posisi $0^{\circ}53'36'' - 0^{\circ}53'42''$ LS dan $119^{\circ}54'42'' - 119^{\circ}54'46''$ BT, seperti disajikan Gambar 3.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian (Google earth, 2023)

Alat dan bahan yang digunakan terdiri dari : (1) Satu set alat ukur geolistrik hambatan jenis yang terdiri dari *switch box*, 4 gulung kabel, resistivimeter, 1 buah sumber arus listrik (*accu*), kabel penghubung, 22 elektroda, dan penjepit elektroda. (2) GPS (*Global Positioning System*) 1 buah, berfungsi untuk menentukan koordinat posisi dan ketinggian setiap elektroda. (3) Meteran 2 buah (50 meter), berfungsi untuk mengukur panjang spasi elektroda dan mengukur panjang lintasan. (4) Laptop, berfungsi untuk mengolah data hasil pengukuran di lapangan. (5) Alat tulis dan tabel data, berfungsi untuk menginput data pengukuran. (6) Peta Geologi Lembar Palu Skala : 1 : 250.000 (RAB. Sukanto, 1973). (7) *Software Microsoft Excel*, berfungsi untuk mengolah data geolistrik. (8) *Software Arcgis 10.4*, berfungsi untuk membuat peta. (9) *Software Res2dinv*, berfungsi untuk pemodelan penampang 2D. (10) *Software Voxler*, berfungsi untuk pemodelan 3D.

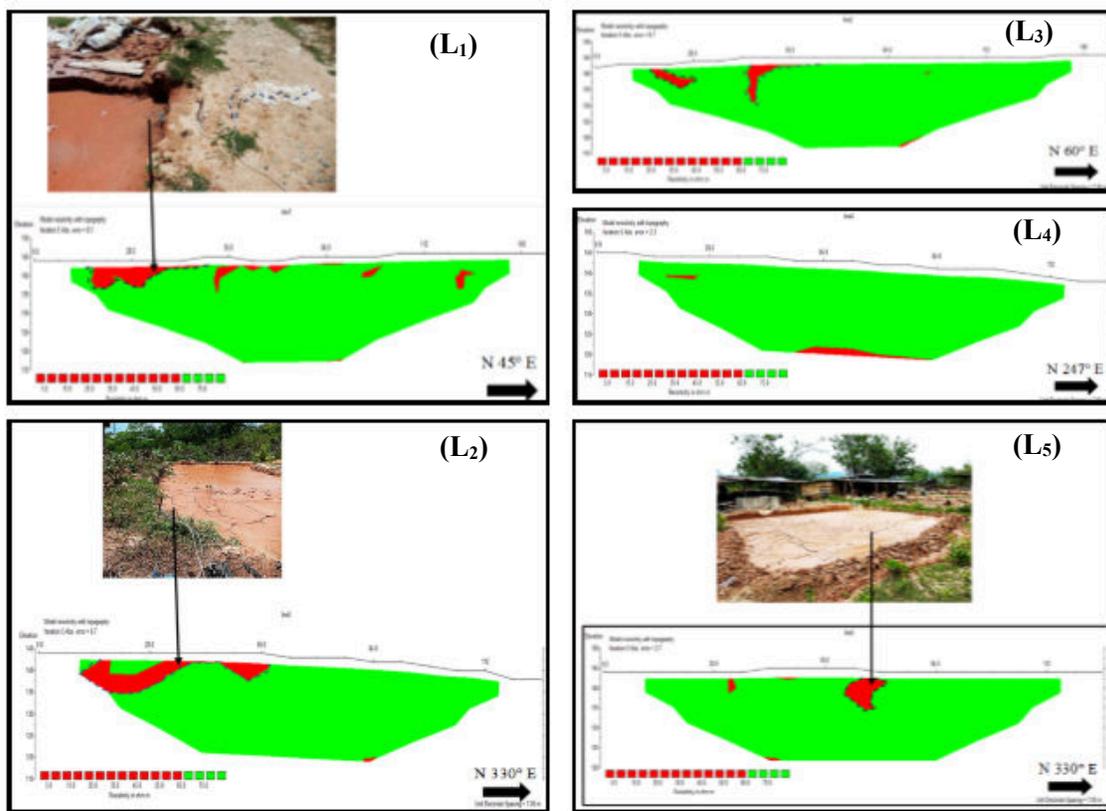
Adapun tahap pengambilan data lapangan terbagi atas 2, yaitu sebagai berikut:

Survei Pendahuluan; Survei pendahuluan dilakukan untuk mengetahui gambaran kondisi geologi dan topografi lokasi penelitian serta menentukan titik – titik/batas lokasi pengukuran geolistrik. Kondisi lokasi penelitian digunakan data sekunder yaitu Peta Geologi Lembar Palu skala 1:250.000 dan Citra Satelit

Google Earth 2022. Tahapan Pengukuran; mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, menentukan posisi titik dan arah lintasan pengukuran menggunakan GPS, memasang elektroda, mengukur arah bentangan dan elevasi tiap elektroda, merangkai alat resistivitimeter, menginjeksikan arus serta mengukur besar arus (I) dan beda potensial (V), mencatat nilai arus dan potensial dengan pengulangan sebanyak 3 kali, Memindahkan kedua kabel arus dan potensial pada *switch box* ke elektroda berikutnya dan mengulangi langkah (f), pemindahan ini dilakukan hingga ke elektroda paling ujung lintasan, Pengukuran berikutnya dengan memperbesar spasi antara elektroda arus (I) dan beda potensial (V), kemudian mengulangi langkah (f) dan langkah (h), Data yang diperoleh di lapangan adalah data arus (I) dan beda potensial (V), serta spasi antar elektroda (a).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran geolistrik yang telah dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner diperoleh nilai hambatan jenis material batuan antara $4,20 \Omega m$ hingga $1139,9 \Omega m$. Untuk mendapatkan penyebaran limbah merkuri maka dilakukan pemodelan 2D dan 3D dengan menggunakan *Software Res2dinv* dan *Voxler*. Penyebaran merkuri dapat dilihat pada penampang 2D pada Gambar 4 berikut ini.



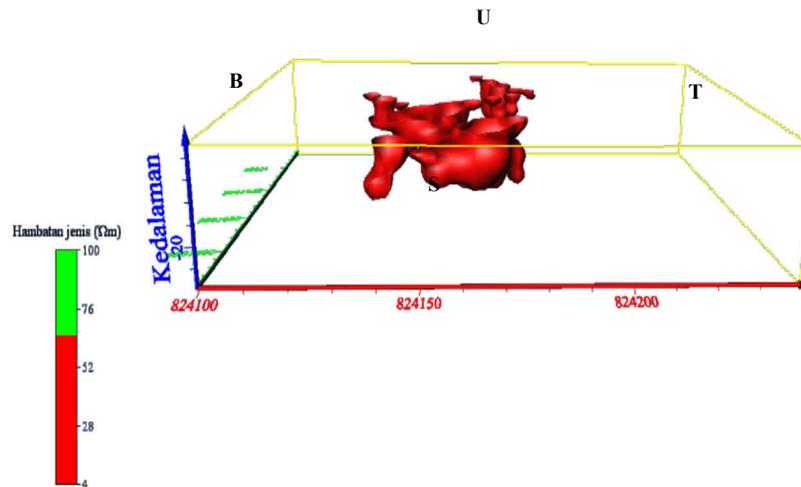
Gambar 4. Hasil pemodelan penampang 2D Hambatan jenis lintasan 1 - 5

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran hambatan jenis pada limbah merkuri secara langsung di laboratorium. Pengujian sampel ini dilakukan sebagai data pendukung dalam penentuan nilai hambatan jenis limbah merkuri pada hasil penampang 2D di lokasi penelitian. Nilai hambatan jenis hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji laboratorium sampel limbah merkuri

Sampel	L_1 (cm)	L_2 (cm)	R_x (Ω)	L (m)	A (m^2)	ρ (Ωm)
S1	15,5	84,5	55	0,36	0,0282	4
S2	16,5	83,5	51	0,36	0,0282	4
S3	10,5	89,5	85	0,36	0,0282	7

Tahap akhir pada interpretasi data yaitu menentukan zona sebaran limbah merkuri menggunakan *Software Voxler*. Data yang diinput ke dalam *Software Voxler* yaitu data xyz dan ρ , dimana nilai x dan y merupakan koordinat dari masing – masing lintasan pengambilan data, nilai z merupakan kedalaman sedangkan ρ merupakan nilai hambatan jenis. Hasil pemodelan penampang hambatan jenis dalam 3D dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola sebaran limbah merkuri berdasarkan data hambatan jenis menggunakan *Voxler*

Pada Gambar 5 terlihat adanya lapisan yang mengalami rembesan limbah. Pemodelan 3D ini menggunakan nilai hambatan jenis maksimal 4 – 100 Ωm , sehingga didapatkan daerah sebaran limbah merkuri yang ditandai warna merah dengan nilai hambatan jenis sebesar antara 4 Ωm hingga 65 Ωm . Pola sebaran limbah merkuri di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 6 yang ditunjukkan dengan warna merah, membentuk pola tidak menentu yang saling terhubung dengan kedalaman sebesar $\pm 1,75 - 10$ m bawah muka tanah tanah (bmt), hal ini sesuai dengan kedalaman yang didapatkan pada interpretasi penampang 2D.

KESIMPULAN

Pengolahan emas rakyat dengan menggunakan merkuri telah menimbulkan pencemaran lingkungan berupa limbah merkuri. Berdasarkan pengukuran geolistrik nilai hambatan jenis merkuri diperoleh antara 4 Ωm – 65 Ωm . Limbah merkuri telah mengalami penetrasi ke bawah permukaan tanah dimana kondisi ini dipercepat karena litologi penyusun batuan berupa formasi Alluvial yang penyusunnya terdiri dari lempung, pasir, lempung pasir dan kerikil. Model hambatan jenis 3D memperlihatkan pola sebaran limbah merkuri cenderung menyebar secara horizontal pada radius 5 meter dari kolam lumpur dan secara vertikal penetrasi merkuri telah menyebar hingga kedalaman 1,75 meter hingga 10 m. Konsentrasi limbah merkuri tertinggi berada pada bagian permukaan dan berangsur berkurang dengan bertambahnya kedalaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis saya ucapkan terimakasih kepada tim akusisi data lapangan; Bang Iyan, Ikhsan, Ari, Rifal, Asgar. Para pembahas yang telah membaca tulisan ini, Bapak Moh. Dahlan Th Musa, Sandra,S.Si., dan Badaruddin.

DAFTAR PUSTAKA

- Albasar, M.I., Daud, A. and Maria, I.L. (2013). Paparan Merkuri (Hg) pada Masyarakat di Kelurahan Poboya Kota Palu Sulawesi Tengah, *E_Journal Software Pascasarjana Universitas Hasanuddin*, p. 11.
- Aflah, Nurul dan Muchlis. (2015). Identifikasi Penyebaran Limbah Merkuri Pada Pertambangan Emas Tanpa Izin Dengan Metode Geolistrik. *Jurnal Universitas Syiah Kuala*. Diunduh Hari Senin 19 Oktober 2022 Pukul 15.04 WITA.
- Bidesari, L, B, (2018). Identifikasi Sebaran Limbah Merkuri di Desa Pelangan Kecamatan Sekotong Menggunakan Metode Geolistrik (*Doctoral dissertation, Universitas Mataram*).
- Putranto, Thomas. (2011), Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Air Tanah, Teknik – Vol. 32 No. 1 Tahun 2011, ISSN 0852-1697, Universitas Diponegoro: *Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik*
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York : John Willey and Sons ltd.
- Suhendra, S. (2006). Pencitraan Konduktivitas Bawah Permukaan dan Aplikasinya guntuk Identifikasi Penyebaran Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2 D. *GRADIEN J. Ilm. MIPA*, 2(1), 105-108.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, and R.E. Sheriff. (1990). *Applied Geophysics*. New York : Cambridge University Press, London.