

**KAJIAN NIKEL LATERIT DENGAN METODE *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY*
DI DAERAH BATU PUTIH, KOLAKA UTARA, SULAWESI TENGGARA**

BUDY SANTOSO[†], BAMBANG WIJATMOKO, EDDY SUPRIYANA

*Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21 Jatinangor, Sumedang 45363*

Abstrak. Endapan nikel laterit terdapat pada zona limonit, zona saprolit, dan zona *saprock*. Masing-masing zona laterit tersebut mempunyai kandungan mineral dan kadar nikel yang berbeda, sehingga mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda. Penampang laterit dapat diperoleh dengan metode *Electrical Resistivity Tomography (ERT)*. Metode ERT adalah metode pengukuran resistivitas dipermukaan tanah dengan menggunakan banyak elektroda, agar diperoleh variasi distribusi resistivitas bawah permukaan secara lateral dan vertikal, sehingga didapatkan citra bawah permukaan. Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam akuisisi data ERT yaitu Konfigurasi *Wenner*. Pengolahan data menggunakan program inversi *Res2DInv*. Berdasarkan hasil pengukuran ERT yang telah dikorelasikan dengan data test pit, diperoleh nilai resistivitas laterit sebagai berikut: resistivitas limonit : < 400 Ohm.m, resistivitas saprolit : (400 – 640) Ohm.m, resistivitas *saprock* : (640 – 1720) Ohm.m dan resistivitas *bedrock* > 1720 Ohm.m.

Kata kunci : ERT, limonit, saprolit, *saprock*, Wenner

Abstract. Lateritic nickel deposit is located on the limonite zone, saprolite zone, and the *saprock* zone. Each laterite zone has a mineral content and nickel content different, so as to have resistivity values vary. Laterite cross section can be obtained with a method of Electrical Resistivity Tomography (ERT). ERT method is method of resistivity measurements at soil surface using many electrodes, in order to obtain distribution resistivity variations of subsurface of laterally and vertically, so we get the image of the subsurface. Electrode configuration used for data acquisition is the Wenner configuration. Data processing using *Res2DInv* inversion software. Based on the results of measurements-ERT which has been correlated to the test pit data, obtained of lateritic resistivity values as follows: resistivity value of limonite : < 400 Ohm.m, resistivity value of saprolite : (400 – 640) Ohm.m, resistivity value of *saprock* (640 – 1720) Ohm.m and resistivity value of *bedrock* > 1720 Ohm.m.

Keywords : ERT, limonite, saprolite, *saprock*, Wenner

1. Pendahuluan

Penelitian endapan nikel laterit dilaksanakan di daerah Batuputih, Kolaka Utara, Sulawesi Tenggara. Secara umum daerah penelitian terdiri dari satu satuan litologi yaitu Satuan Peridotit-Dunit. Satuan Peridotit merupakan *basement* dari Mandala Geologi Sulawesi Timur yang berumur Kapur Awal [1]. Satuan peridotit-dunit ini memiliki penyebaran hampir semua pada daerah penelitian. Satuan ini menempati daerah morfologi perbukitan berlereng landau-terjal yang mencakup 99% daerah penelitian. Secara megaskopis satuan ini didominasi oleh batuan beku ultramafik berupa peridotit (*hazburgit* dan *lerzolit*), dunit dan sebagian kecil serpentin yang tersebar di beberapa tempat.

Peridotit dan batuan ultramafik lainnya mengalami proses serpentinisasi dengan intensitas yang berbeda-beda dari redah sampai tinggi. Tingkat pelapukan pada satuan ini cukup bagus akan tetapi karena morfologi yang terjal kurang mendukung untuk menghasilkan endapan laterit yang tebal. Hal ini disebabkan lapukan yang terbentuk akan langsung terkikis oleh air permukaan. Sebagai

[†] email: budi@geophys.unpad.ac.id

batuan basement, batuan ultramafik ini berulang kali terkena proses tektonik sehingga menyebabkan intensitas rekahan yang tinggi pada batuan tersebut [2]. Rekahan-rekahan tersebut biasanya diisi oleh mineral mineral sekunder hasil pelarutan seperti garnierit, silika, serpentin dan oksida besi [3]. Berdasarkan ciri fisik satuan ini termasuk dalam Formasi Kompleks Ultramafik. Endapan nikel laterit terbentuk dari pelapukan batuan *ultramafik* seperti peridotit, dunit dan lain-lain yang disebabkan oleh pengaruh perubahan iklim. Faktor iklim dapat menyebabkan perubahan komposisi batuan dan melarutkan unsur-unsur yang mudah larut seperti Ni, Co, dan Fe [3].

Struktur geologi yang berpengaruh dalam pembentukan endapan nikel adalah struktur rekahan (*joints*). Batuan ultramafik mempunyai porositas dan permeabilitas kecil, dengan adanya rekahan-rekahan pada batuan tersebut maka akan memudahkan masuknya air. Air tanah akan masuk pada rekahan, sehingga akan memudahkan terjadinya proses pelapukan dan memungkinkan intensitas pelindian karena pengaruh morfologi yang semakin besar.

CO₂ yang larut bersama air hujan memegang peranan penting dalam proses pelapukan kimia [3]. Asam-asam humus dapat menyebabkan dekomposisi batuan dan merubah PH larutan, asam-asam humus ini erat hubungannya dengan vegetasi. Vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dengan melalui akar-akar pohon, akumulasi air hujan akan lebih banyak serta menghasilkan humus yang tebal. Kondisi ini merupakan suatu petunjuk, dimana hutan yang lebat pada lingkungan yang baik akan terdapat endapan bijih nikel lebih tebal dengan kadar yang lebih tinggi. Selain itu vegetasi dapat berfungsi untuk menjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanis.

Berdasarkan kajian geologi diatas, maka dilakukan penelitian dengan metode Geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam membedakan resistivitas *bedrock* (batuan ultramafik) dan resistivitas endapan nikel laterit pada zona limonit, zona saprolit, dan zona *saprock*. Hasil pengukuran ERT dapat mencitrakan sebaran resistivitas bawah permukaan daerah penelitian secara lateral dan vertikal. Setelah dikorelasikan dengan data geologi setempat dan data *test pit*, citra resistivitas endapan nikel laterit hasil pengukuran ERT dapat diketahui.

2. Bahan dan Metode

Metode Geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Geolistrik *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Metode ERT adalah Metode pengukuran resistivitas dipermukaan tanah / batuan dengan menggunakan banyak elektroda, agar diperoleh variasi distribusi resistivitas bawah permukaan secara lateral dan vertikal, sehingga didapatkan citra bawah permukaan [4]. Metode ERT banyak digunakan untuk eksplorasi mineral logam [5], metode ini juga dapat mencitrakan dengan baik lapisan batubara pada singkapan [6]. Eksplorasi nikel laterit termasuk dalam kategori eksplorasi dangkal, sehingga sangat sesuai jika menggunakan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) ini.

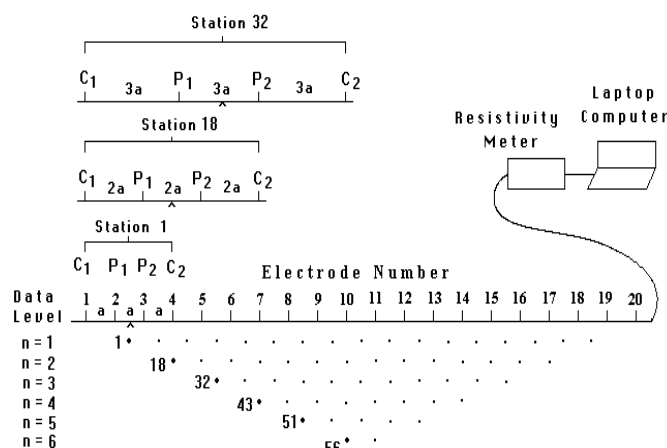
Pemilihan metode ERT didasarkan atas hipotesis bahwa endapan nikel laterit memiliki kontras resistivitas terhadap *bedrock* (batuan ultramafik). Adanya kontras resistivitas memungkinkan pendugaan endapan nikel laterit dapat di deteksi menggunakan metode ERT.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai spesifikasi untuk pengukuran ERT yaitu Res & IP Meter Supersting R8. Elektroda yang digunakan dalam pengukuran ERT sebanyak 28 - 56 elektroda, sedangkan kabel yang digunakan mempunyai panjang 1 km.

3. Eksperimen

Pengukuran ERT dilokasi penelitian dilakukan sebanyak 3 lintasan, terdiri dari lintasan 1 dengan panjang lintasan 405 m, lintasan 2 dengan panjang lintasan 405 m, dan lintasan 3 dengan panjang lintasan 825 m.

Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam pengukuran ERT, yaitu konfigurasi *Wenner*. Sistematika pengukuran ERT dengan konfigurasi *Wenner* ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Gambar 1, C_1 dan C_2 adalah pasangan elektroda arus, P_1 dan P_2 adalah pasangan elektroda potensial dan a adalah spasi antar elektroda dengan jarak yang sama. Spasi antar elektroda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 15 m.



Gambar 1. Skema pengukuran ERT dengan konfigurasi Wenner [8]

Pengukuran ERT dilakukan secara *insitu*, yaitu pengukuran resistivitas yang dilakukan langsung dilokasi penelitian. Pengukuran ERT lintasan 1 dilakukan diatas singkapan saprolit yang mengandung nikel, sedangkan pengukuran ERT lintasan 2 dan lintasan 3 dilakukan pada lokasi yang tidak ada singkapan.

4. Teori

Endapan nikel laterit terdiri dari endapan limonit, endapan *saprolit* dan *saprock*. Limonit terletak pada lapisan di bawah tanah penutup, berwarna coklat kemerahan sampai coklat kekuningan lunak dan lengket karena banyak mengandung mineral lempung. Komposisi limonit terdiri dari mineral lempung dan oksida besi. Variasi kandungan oksida besi dan mineral lempung memberikan perbedaan warna, seperti Limonit Merah dan Limonit Kuning. Kandungan nikelnya (secara teoretis) bervariasi sekitar 0,5-2,0% [7].

Saprolit merupakan hasil pelapukan tetapi masih memperlihatkan tekstur batuan asalnya. Zona saprolit berwarna coklat muda sampai coklat kekuningan, lunak dan lengket karena didominasi mineral lempung. Lapisan ini merupakan zona pengendapan dari pencucian kandungan unsur di bagian atasnya, yang merupakan target eksplorasi laterit-nikel. Kandungan nikel pada zona saprolit bervariasi sekitar 1-5% [7].

Saprock merupakan hasil pelapukan tetapi tingkat pelapukannya masih rendah, sehingga masih menyisakan komponen batuan-asal yang keras. Hasil pelapukan berwarna coklat muda sampai

coklat kekuningan-kehijauan, lunak dan di antara fragmen batuan asal yang keras. Pada batas antar fragmen atau di rekahan fragmen dijumpai kehadiran mineral garnierit (hijau muda) sebagai pengisi ruang kekar. Kehadiran garnierit ini akan menambah kandungan nikel mengingat (secara teoretis) garnierit mengandung nikel lebih banyak daripada saprolitnya sendiri (5-20% Nikel).

Salah satu Metode Geofisika yang dapat mendeteksi endapan nikel laterit, yaitu Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Dalam metode ERT, sifat aliran listrik yang dipelajari adalah resistivitas batuan. Resistivitas batuan merupakan besaran fisika yang berhubungan dengan kemampuan suatu batuan dalam menghantarkan arus listrik. Lapisan batuan yang mempunyai nilai resistivitas rendah berarti mudah menghantarkan arus listrik, sebaliknya jika lapisan batuan mempunyai nilai resistivitas tinggi berarti sulit menghantarkan arus listrik. Dalam pengukuran ERT, arus listrik di injeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian respon beda potensial antara dua titik dipermukaan yang diakibatkan oleh aliran arus tersebut, diukur melalui dua elektroda potensial. Berdasarkan nilai arus listrik (I) yang diinjeksikan dan beda potensial (ΔV) yang ditimbulkan, besarnya resistivitas (ρ) dapat dihitung dengan persamaan rumus dibawah ini,

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Parameter K disebut faktor geometri. Faktor geometri merupakan besaran koreksi terhadap perbedaan letak susunan elektroda arus dan potensial. Oleh karena itu, nilai faktor geometri ini sangat ditentukan oleh jenis konfigurasi pengukuran yang digunakan.

Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam pengukuran ERT, yaitu konfigurasi *Wenner*. Faktor geometri (K) konfigurasi *Wenner* dapat dihitung dengan persamaan (2),

$$K = 2\pi a \quad (2)$$

Nilai resistivitasnya dapat dihitung dengan persamaan (3),

$$\rho_s = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

dengan ρ_s adalah resistivitas semu (Ohm.m), ΔV adalah beda potensial (V), I merupakan arus yang diinjeksikan (A), dan a adalah jarak antara elektroda (m). Data mentah ini masih merupakan nilai resistivitas semu. Untuk memperoleh nilai resistivitas sebenarnya, maka dilakukan pengolahan data dengan metode inversi. Perangkat lunak inversi yang digunakan dalam pengolahan data ERT yaitu *Res2Dinv*.

5. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran ERT yang dilakukan di daerah Batu Putih, Kolaka Utara menghasilkan 3 buah penampang resistivitas, terdiri dari : penampang resistivitas lintasan 1 (405 m), penampang resistivitas lintasan 2 (405 m), penampang resistivitas lintasan 3 (825 m).

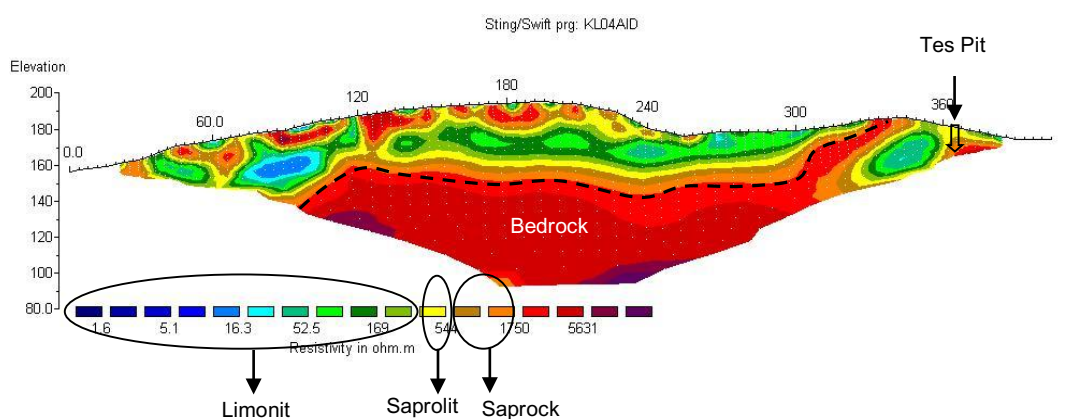
Berdasarkan hasil pengukuran ERT diatas singkapan diperoleh nilai resistivitas limonit < 400 Ohm.m, nilai resistivitas saprolit : (400 – 640) Ohm.m, nilai resistivitas saprock : (640 – 1720) Ohm.m, dan nilai resistivitas batuan lainnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai

resistivitas pada Tabel 1 selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam interpretasi untuk menentukan indikasi endapan nikel laterit (zona saprolit, zona saprock dan zona limonit).

Tabel 1. Resistivitas Batuan di Daerah Batu Putih, Kolaka utara

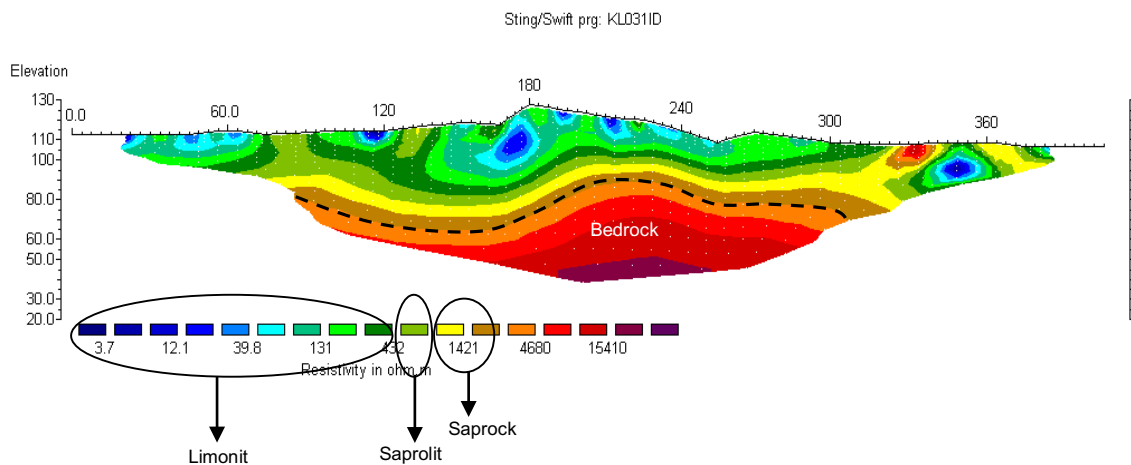
No.	Litologi	Resistivitas (Ohm.m)
1	Limonit	< 400
2	Saprolit	400 – 640
3	Saprock	640 - 1720
4	Bedrock (Peridotit / Dunit)	> 1720

Pada Gambar 2 menampilkan penampang resistivitas lintasan 1. Resistivitas sangat tinggi dengan nilai > 1720 Ohm.m diduga sebagai *bed rock* terdapat pada jarak : (90 – 330) m. Resistivitas tinggi dengan nilai (640 - 1720) Ohm.m diduga sebagai *saprock* terdapat pada jarak : (90 – 345) m. Indikasi zona saprolit terdapat pada jarak : (60 – 360) m dengan nilai resistivitas : (400 – 640). Indikasi limonit dengan nilai resistivitas rendah < 400 Ohm.m terdapat pada jarak : (45 – 390) m.



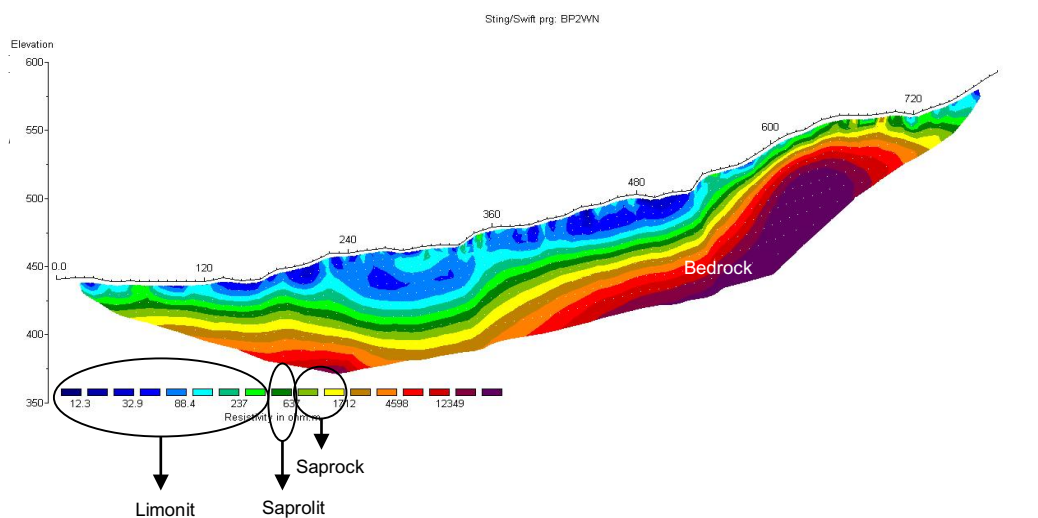
Gambar 2. Penampang ERT Lintasan 1

Pada Gambar 3 menampilkan penampang resistivitas lintasan 2. Resistivitas rendah dengan nilai < 432 Ohm.m diduga sebagai zona limonit terdapat jarak 0 – 320 m. Resistivitas sedang dengan nilai 433 – 620 Ohm.m diduga merupakan zona saprolit terdapat pada jarak 90 – 320 m. Resistivitas tinggi dengan nilai 1421 – 1723 Ohm.m diduga merupakan zona *saprock*, sedangkan resistivitas sangat tinggi dengan nilai ≥ 1723 Ohm.m diduga sebagai *bedrock* terdapat pada jarak 90 – 320 m.



Gambar 3. Penampang ERT Lintasan 2

Pada Gambar 4 menampilkan penampang resistivitas lintasan 3. Pada penampang ERT lintasan 3 terdapat resistivitas rendah dengan nilai < 400 Ohm.m diduga merupakan zona limonit yang sangat tebal pada jarak 240 – 480 m. Zona saprolit dengan nilai resistivitas 637 Ohm.m terdapat dibawah zona limonit pada jarak 30 – 510 m. Resistivitas tinggi dengan nilai 640 – 1712 Ohm.m diduga merupakan saprock terdapat pada jarak 50 – 510 m. Resistivitas sangat tinggi dengan nilai ≥ 1720 Ohm.m diduga sebagai *bedrock* terdapat disepanjang lintasan.



Gambar 4. Penampang ERT Lintasan 3

Secara umum endapan nikel laterit yang cukup tebal terdapat pada penampang resistivitas lintasan 3 pada jarak 50 – 510 m. Tebalnya endapan nikel laterit yang terdapat pada zona saprolit, zona *saprock* dan zona limonit pada lintasan 3 dipengaruhi oleh bentuk morfologi serta *bedrock* yang terdapat dibawah permukaan. Morfologi lintasan 3 berbentuk lembah sehingga air akan terakumulasi dilokasi tersebut, dengan kondisi seperti itu akan mempercepat proses terjadinya pelapukan dan memungkinkan intensitas pelindian. Akibat proses pelapukan dan pelindian maka unsur nikel yang terdapat dalam mineral Granierit pada zona saprolit atau *saprock* akan larut dan diendapkan dilokasi tersebut.

Berdasarkan penampang resistivitas, maka diperoleh endapan nikel laterit dari bawah ke atas, yaitu *bedrock* mempunyai nilai resistivitas > 1720 Ohm.m, *saprock* dengan nilai resistivitas $640 - 1720$ Ohm.m, zona saprolit dengan nilai resistivitas $(400 - 640)$ Ohm.m dan zona limonit dengan nilai resistivitas < 400 Ohm.m. *Bedrock* memiliki nilai resistivitas sangat tinggi > 1720 Ohm.m karena batuan tersebut sangat kompak dengan jenis batumannya yaitu peridotit. Pada zona limonit yang memiliki resistivitas sangat rendah < 30 Ohm.m diduga terdapat saturasi air. Zona limonit dan saprolit pada penampang ERT lintasan 3 lebih tebal dibandingkan lintasan 1 dan 2 karena dipengaruhi oleh morfologi, yang merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses pelapukan dan pelindian.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan FMIPA Unpad atas izin yang telah diberikan dalam penelitian ini, serta Neogen Bumi Persada yang telah membantu dalam mendanai operasional kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

1. Simandjuntak, T.O., Surono, dan Sukido, *Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi, Sekala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1993.
2. Sukanto R., *The Structure of Sulawesi in The Light of Plate Tectonics*, Proc. Reg. Conf. Geol. Min. Res. SE Asia, Jakarta, August 4-7, 1975.
3. Rose, A.W., Hawkes, H.E., Webb, J.S., *Geochemistry in Mineral Exploration*, Academic Press, London, UK, 1979.
4. Santoso, B., Wijatmoko, B., Supriyana, E., dan Harja, A., *Penentuan Resistivitas Batubara Menggunakan Metode Electrical Resistivity Tomography dan Vertical Electrical Sounding*. Jurnal Material dan Energi Indonesia., Vol. 6., No.1, 2016, 8 – 14.
5. Reynolds, J.M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, New York, John Willey and Sons, 1998.
6. Wijatmoko, B., Santoso, B., Harja, A., Marlan, *Pengukuran Resistivitas Pada Singkapan Batubara*, Proceeding PIT HAGI ke 34, 2009.
7. Robb, L., *Introduction to Ore Forming Processes*, Blackwell Scences Ltd, Coarnwall, UK, 2004.
8. Loke, M.H., *Tutorial: 2D and 3D Electrical Imaging Surveys*, 2004, <http://www.geoelectrical.com>.