

PENENTUAN RESISTIVITAS BATUBARA MENGUNAKAN METODE *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* DAN *VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*

BUDY SANTOSO[‡], BAMBANG WIJATMOKO, EDDY SUPRIYANA, ASEP HARJA

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

Abstrak. Pemanfaatan batubara sebagai salah satu sumber energi alternatif semakin meningkat, diantaranya untuk kebutuhan energi sektor industri dan pembangkit tenaga listrik. Peningkatan tersebut telah mendorong penelitian mengenai keberadaan batubara dan sumberdayanya. Metode Geofisika yang digunakan untuk mengetahui keberadaan batubara, diantaranya : Metode *Electrical Resistivity Tomography* dan *Vertical Electrical Sounding*. Parameter fisika untuk menentukan indikasi batubara dengan metode tersebut yaitu resistivitas. Untuk menghindari ambiguitas ketika menginterpretasikan lapisan batubara pada suatu penampang resistivitas, maka perlu dilakukan penentuan nilai resistivitas batubara secara *insitu* diatas singkapan batubara. Penentuan resistivitas batubara secara *insitu* dengan Metode *Electrical Resistivity Tomography* dilokasi I (Muarobungo, Jambi) diperoleh nilai resistivitas (81,4 – 115) Ωm , sedangkan dilokasi II (Lahat, Sumatera Selatan) diperoleh nilai resistivitas (60 – 110) Ωm dan dilokasi III (Nunukan, Kalimantan Utara) diperoleh nilai resistivitas (83 – 130) Ωm . Penentuan resistivitas batubara secara *insitu* dengan Metode *Vertical Electrical Sounding* dilokasi I (Muarobungo, Jambi) diperoleh nilai resistivitas 80,89 Ωm dan dilokasi II (Lahat, Sumatera Selatan) diperoleh nilai resistivitas 76,92 Ωm .

Kata kunci : *Electrical Resistivity Tomography, Vertical Electrical Sounding, singkapan batubara, penampang resistivitas.*

Abstract. Coal utilization as a source of alternative energy is increas, such as : the energy needs for industrial sector and power plants. Such improvements have prompted studies to determine the presence of coal and its resources. Geophysical methods used to determine the presence of coal, such as : Method of Electrical Resistivity Tomography and Vertical Electrical Sounding. Physics parameters to determine indication of coal with this method is resistivity. To avoid ambiguity when interpreting the coal seam at a cross-section of the resistivity, it is necessary of determination of *insitu* resistivity value at above of coal outcrops . Determination coal resistivity *insitu* with Method of Electrical Resistivity Tomography in location I (Muarobungo, Jambi) obtained resistivity values (81.4 to 115) Ωm , while the second location (Lahat, South Sumatra) obtained resistivity values (60-110) Ωm and location III (Nunukan, North Borneo) obtained resistivity values (83-130) Ωm . Determination coal resistivity *insitu* with Vertical Electrical Sounding Method at location I (Muarobungo, Jambi) obtained resistivity value of 80.89 Ωm and location II (Lahat, South Sumatra) obtained of resistivity value 76.92 Ωm .

Keywords : *Electrical Resistivity Tomography, Vertical Electrical Sounding, coal outcrops, cross-section resistivity.*

1. Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM). Pemanfaatan batubara sebagai sumber energi alternatif BBM perlu dilakukan mengingat Indonesia memiliki cadangan sumber daya batubara yang cukup banyak, yaitu mencapai sekitar 19,3 miliar ton, sementara cadangan dan produksi minyak bumi nasional dari tahun ke tahun cenderung menurun. Pemanfaatan batubara di dalam negeri selama ini masih relatif kecil. Produksi batubara nasional rata-rata per tahun sebesar 131,72 juta ton, yang dimanfaatkan di dalam negeri sekitar 32,91 juta ton/tahun, sedangkan selebihnya sebanyak 92,5 juta ton diekspor ke luar negeri.

[‡] email : budi@geophys.unpad.ac.id

Endapan batubara yang bernilai ekonomis di Indonesia terdapat di cekungan Tersier, yang terletak di bagian barat Paparan Sunda (termasuk Pulau Sumatera dan Kalimantan), pada umumnya endapan batu bara ekonomis tersebut dapat dikelompokkan sebagai batu bara berumur Eosen atau sekitar Tersier Bawah, kira-kira 45 juta tahun yang lalu dan Miosen atau sekitar Tersier Atas, kira-kira 20 juta tahun yang lalu menurut Skala waktu geologi. Oleh karena itu dengan besarnya potensi batubara di Indonesia, maka banyak institusi atau lembaga pemerintah yang melakukan penelitian mengenai batubara tersebut.

Keberadaan batubara di alam ada yang tersingkap dipermukaan dan ada juga yang terdapat di dalam bumi atau tertutup *soil*. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui indikasi batubara yang tidak tersingkap dipermukaan yaitu *Electrical Resistivity Tomography (ERT)* dan *Vertical Electrical Sounding (VES)*. Metode ERT dan VES telah diterapkan dalam eksplorasi dangkal, seperti eksplorasi air tanah, analisa struktur lapisan tanah untuk tujuan geoteknik, maupun untuk pencarian mineral logam [1]. Indikasi batubara yang diperoleh menggunakan Metode ERT dan VES dapat diketahui berdasarkan nilai resistivitasnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penerapan metode ERT untuk penentuan resistivitas batubara telah dilakukan dalam skala laboratorium dengan beberapa posisi yaitu miring, tegak dan sejajar bidang perlapisan [2]. Nilai resistivitas yang diperoleh dalam skala laboratorium memiliki keterbatasan dan sangat sulit jika diterapkan untuk eksplorasi. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perlu dilakukan penentuan resistivitas secara *insitu*.

Dalam makalah ini akan dibahas mengenai penentuan resistivitas batubara secara *insitu* dengan metode ERT dan VES, sehingga diharapkan nilai resistivitas yang diperoleh bisa dijadikan referensi untuk pendugaan batubara.

2. Eksperimen

Penentuan resistivitas secara *insitu* adalah penentuan resistivitas yang dilakukan langsung di lokasi penelitian yaitu di atas singkapan batubara. Penentuan resistivitas pada singkapan batubara dilakukan di tiga lokasi, yaitu : Muarobungo-Jambi, Lahat-Sumatera Selatan dan Nunukan-Kalimantan Utara. Lapisan tanah penutup singkapan batubara setiap lokasi mempunyai ketebalan yang berbeda-beda. Singkapan batubara lokasi I di Muarobungo, Jambi memiliki lapisan penutup (*top soil*) yang sangat tebal yaitu (20 – 30) m, sedangkan singkapan batubara lokasi II di Lahat, Sumatera Selatan memiliki lapisan penutup (*top soil*) yang tipis sekitar 1 m dan singkapan batubara lokasi III di Nunukan, Kalimantan Utara memiliki lapisan penutup sekitar 3 m. Adanya perbedaan ketebalan lapisan penutup berpengaruh terhadap desain pengukuran untuk penentuan resistivitas.

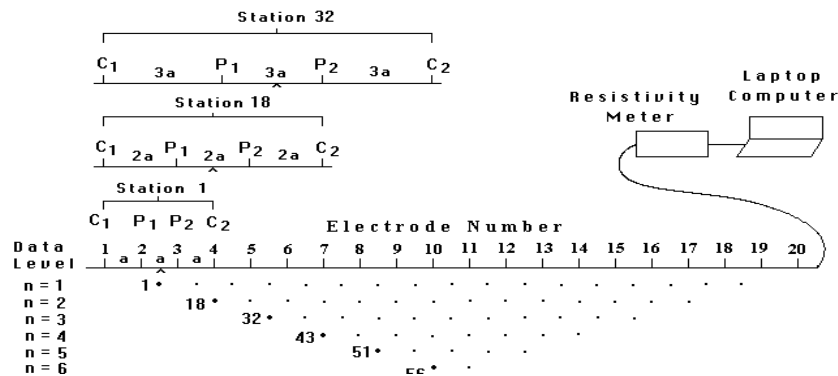
Penentuan resistivitas singkapan batubara lokasi I di daerah Muarobungo, Jambi dilakukan dengan alat resistivity meter Naniura yang dilengkapi dengan switchbox untuk mengatur konfigurasi elektroda. Panjang lintasan pengukuran VES dan ERT 290 m dengan 30 elektroda dan spasi antar elektroda 10 m. Posisi dan ketinggian elektroda ditentukan dengan GPS Garmins 60CSX, sedangkan topografi lintasan dibuat menggunakan theodolit T0.

Penentuan resistivitas singkapan batubara lokasi II di daerah Lahat, Sumatera Selatan dilakukan dengan alat Res & IP Meter Supersting R8. Panjang lintasan pengukuran VES 200 m dan panjang lintasan ERT 270 m dengan 28 elektroda dan spasi antar elektroda 10 m.

Lintasan pengukuran ERT dibuat menggunakan theodolit, sedangkan posisi elektroda ditentukan dengan GPS Garmins 60CSX.

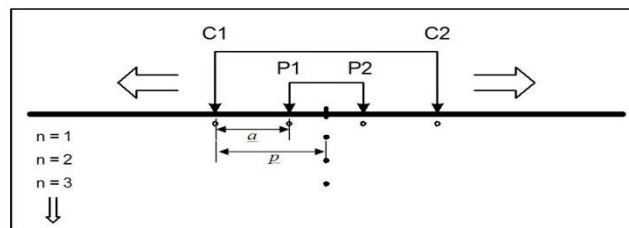
Penentuan resistivitas singkapan batubara lokasi III di daerah Nunukan, Kalimantan Utara dilakukan dengan alat resistivity meter Naniura yang dilengkapi dengan switchbox pengatur konfigurasi. Panjang lintasan pengukuran ERT 250 m dengan 51 elektroda dan spasi antar elektroda 5 m. Lintasan pengukuran ERT dibuat menggunakan theodolit-kompas, sedangkan posisi elektroda ditentukan dengan GPS Garmins 75CSX

Penentuan resistivitas batubara secara *insitu* diatas singkapan batubara dilakukan dengan Metode *Electrical Resistivity Tomography (ERT)* dan *Vertical Electrical Sounding (VES)*. 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 (*imaging*) bawah permukaan. Skema pengukuran dengan metode ERT ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pengukuran *Electrical Resistivity Tomography (ERT)* menggunakan konfigurasi *Wenner*. Simbol C menunjukkan elektrode arus dan simbol P menunjukkan elektroda potensial [4].

Metode VES adalah metode pengukuran resistivitas 1D untuk memperoleh variasi resistivitas bawah permukaan secara vertikal. Metode ERT dan VES memanfaatkan sifat penjalaran arus listrik yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui dua buah elektroda kemudian diukur respon beda potensial yang terjadi antara dua buah elektroda yang ditancapkan di permukaan [3]. Dari informasi nilai arus listrik yang diinjeksikan dan besarnya respon beda potensial yang terukur, selanjutnya dapat dihitung resistivitas semu batuan. Skema pengukuran dengan Metode VES ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengukuran menggunakan metode *Vertical Electrical Sounding (VES)*. Simbol C menunjukkan elektrode arus dan simbol P menunjukkan 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 untuk pengukuran ERT yaitu Konfigurasi *Wenner*, sedangkan untuk pengukuran VES menggunakan Konfigurasi *Schlumberger*.

Faktor geometri konfigurasi *Wenner* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

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

Nilai resistivitasnya dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

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

dengan ρ_s : resistivitas semu (Ωm), ΔV : beda potensial (V), I : arus yang diinjeksikan (A), dan a : spasi antara pasangan elektroda arus dan elektroda potensial (m).

Faktor geometri konfigurasi *Schlumberger* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$K = \frac{1}{2} \left[\frac{p^2}{a} - \frac{a}{4} \right] \quad (4)$$

Nilai resistivitas konfigurasi *Schlumberger* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\rho = \pi \left[\frac{p^2}{a} - \frac{a}{4} \right] \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

Data resistivitas batubara yang diperoleh dari pengukuran dengan metode ERT dan VES masih merupakan nilai resistivitas semu. Untuk memperoleh nilai resistivitas sebenarnya, maka dilakukan pengolahan data menggunakan metode inversi dengan bantuan perangkat lunak *Res2Dinv* [5] untuk data ERT dan *Progress* untuk data VES.

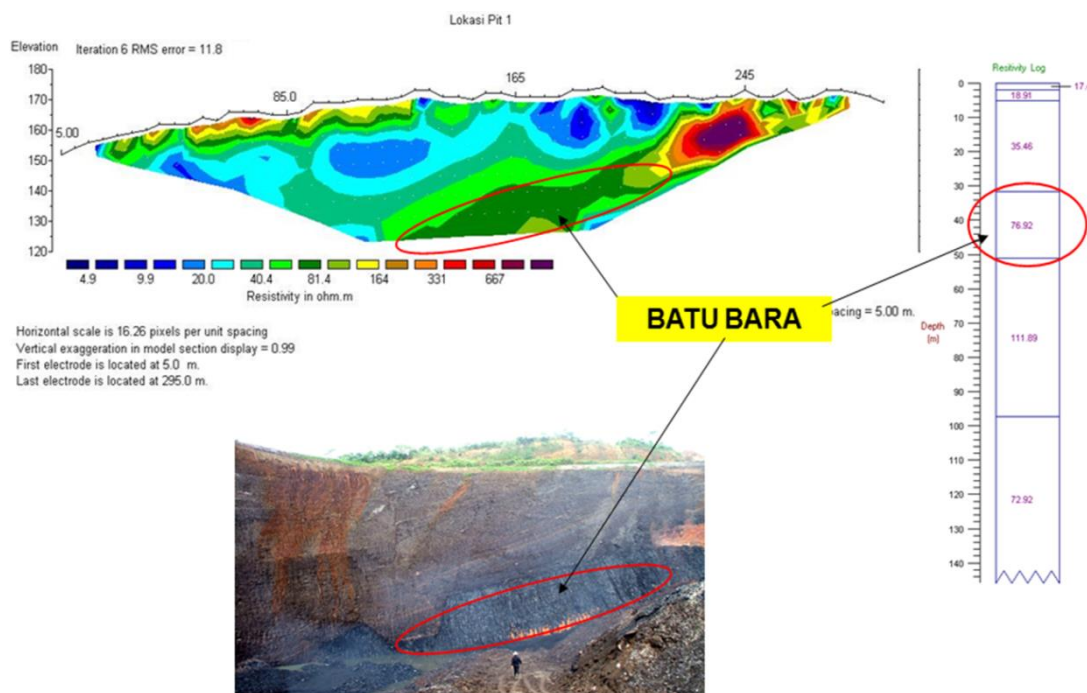
3. Hasil dan Pembahasan

Penentuan resistivitas secara *insitu* dilakukan dengan cara mengkorelasikan penampang resistivitas 1D / 2D dengan data singkapan batubara. Hasil pengukuran resistivitas secara *insitu* di tiga lokasi singkapan batubara menghasilkan tiga buah penampang resistivitas-2D dan dua buah penampang resistivitas-1D.

Penampang resistivitas-2D hasil pengukuran dengan metode ERT dan penampang resistivitas-1D hasil pengukuran dengan metode VES diatas singkapan batubara lokasi I di daerah Muarobungo, Jambi ditunjukkan pada Gambar 3.

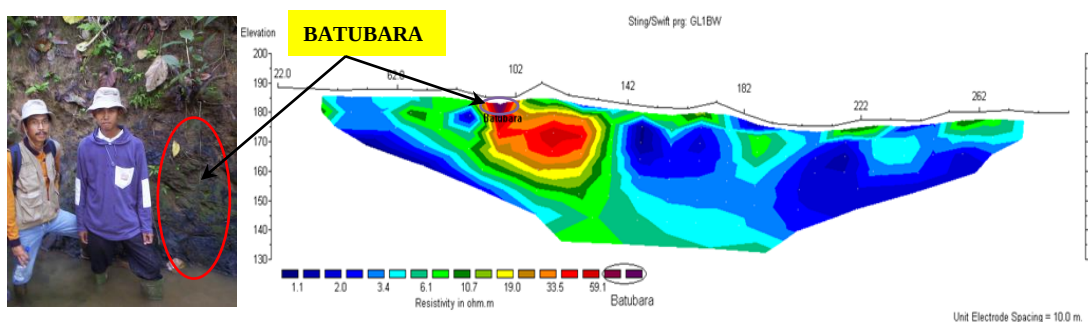
Pada penampang resistivitas-2D yang telah dikorelasikan dengan singkapan batubara diperoleh resistivitas batubara dengan nilai (81,4 – 115) Ωm pada jarak (130 – 210) m,

sedangkan dari penampang resistivitas-1D diperoleh nilai resistivitas batubara 76,92 Ωm . Pada penampang resistivitas-2D kemiringan lapisan batubara hasil pemodelan cenderung sesuai dengan kemiringan lapisan batubara pada singkapan. Pada penampang resistivitas-1D, nilai resistivitas yang diperoleh cenderung sesuai dengan data singkapan, hal ini bisa dilihat dari kedalaman penampang resistivitas-1D dengan nilai kedalaman 32 m sedangkan pada singkapan kedalamannya 31 m, adanya perbedaan nilai kedalaman berkaitan dengan resolusi spasial ketika mendesain pengukuran VES.



Gambar 3. Penampang resistivitas-2D (sebelah atas) dan penampang resistivitas-1D (sebelah kanan). Penentuan resistivitas batubara dilakukan dengan mengkorelasikan penampang resistivitas 1D dan 2D terhadap singkapan batubara (sebelah bawah).

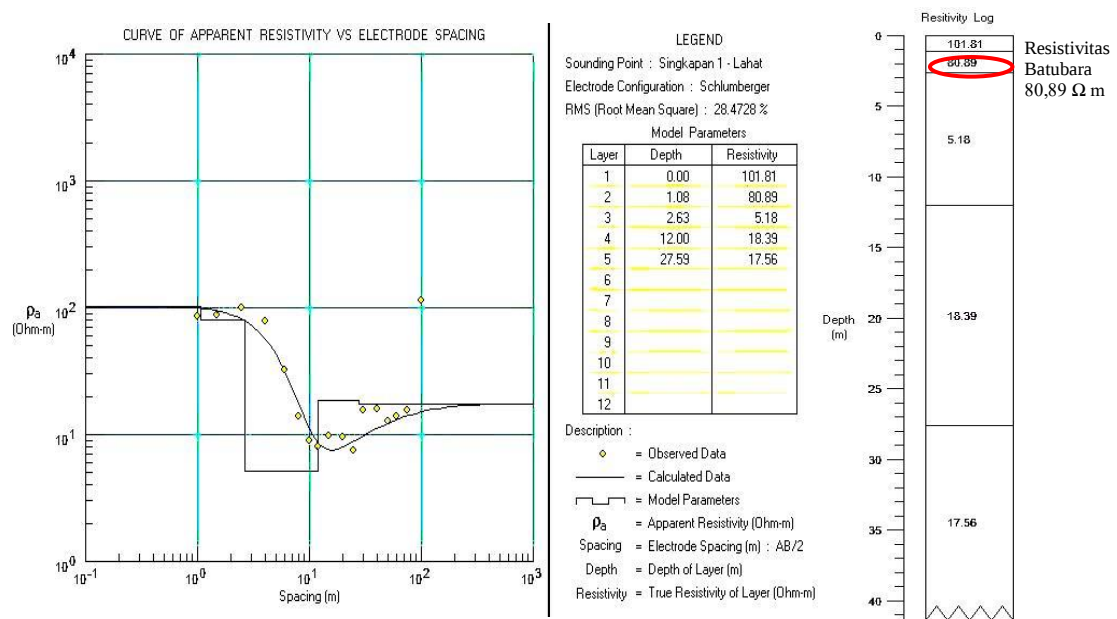
Penampang resistivitas-2D hasil pengukuran dengan metode VES diatas singkapan batubara lokasi II di daerah Lahat, Sumatera Selatan ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan penampang resistivitas-1D hasil pengukuran dengan metode VES ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Penampang resistivitas-2D hasil pengukuran dengan Metode ERT pada singkapan batubara lokasi II di daerah Lahat, Sumatera Selatan.

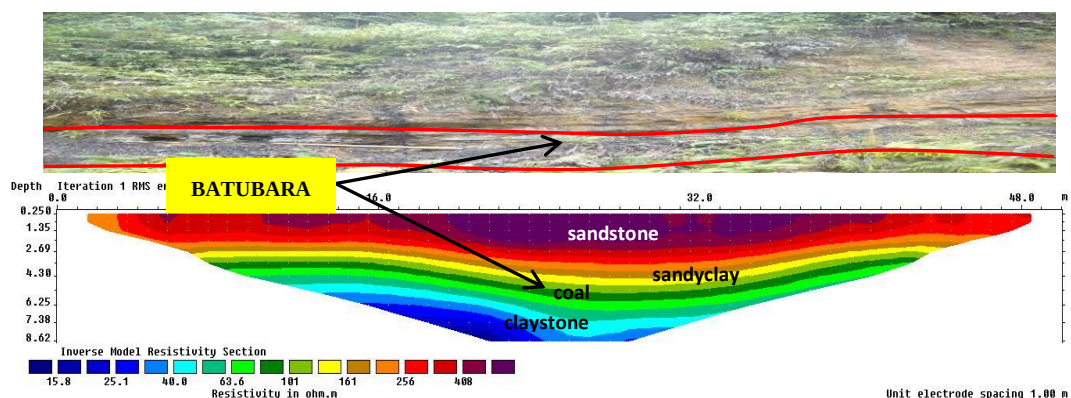
Penampang resistivitas-2D yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan resistivitas batubara dengan nilai (60 – 110) Ωm pada jarak (92 – 102) m dengan kedalaman (1,5 – 4) m dari permukaan tanah. Hasil pemodelan resistivitas-2D cenderung sesuai dengan data posisi dan kedalaman singkapan batubara.

Penampang resistivitas-1D yang ditampilkan pada Gambar 5 menunjukkan resistivitas batubara dengan nilai 80,89 Ωm pada kedalaman (1,08 – 2,63) m dari permukaan tanah. Hasil pemodelan resistivitas-1D cenderung sesuai dengan data singkapan batubara yang memiliki kedalaman 1 m.



Gambar 5. Penampang resistivitas-1D hasil pengukuran dengan Metode VES pada singkapan batubara lokasi II di daerah Lahat, Sumatera Selatan.

Pada Gambar 6 ditampilkan penampang resistivitas-2D diatas singkapan batubara lokasi III di daerah Nunukan, Kalimantan Utara. Pada penampang resistivitas ditunjukkan lapisan batubara dengan nilai resistivitas (83 – 130) Ωm pada jarak (0 – 50) m dengan kedalaman (3 – 5) m dari permukaan tanah. Hasil pemodelan resistivitas ini cenderung mendekati dengan data singkapan batubara.



Gambar 6. Penampang resistivitas-2D hasil pengukuran dengan Metode ERT pada singkapan batubara lokasi III di daerah Nunukan, Kalimantan Utara.

4. Kesimpulan

Penentuan resistivitas batubara dengan metode ERT dan VES pada setiap lokasi memiliki nilai resistivitas yang bervariasi. Perbedaan nilai resistivitas batubara terjadi karena beberapa faktor, diantaranya : kalori batubara, kandungan air yang terdapat pada batubara, serta batuan yang melingkupi lapisan batubara. Resistivitas batubara di daerah Muarobungo, Jambi mempunyai nilai resistivitas (81,4 – 115) Ωm untuk ERT dan 76,92 Ωm untuk VES, batubara di daerah Lahat, Sumatera Selatan memiliki nilai resistivitas (60 – 110) Ωm untuk ERT dan 80,89 Ωm untuk VES, sedangkan batubara di daerah Nunukan, Kalimantan Utara memiliki nilai resistivitas (83 – 130) Ωm . Nilai resistivitas pada ke-3 lokasi tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk pendugaan batubara yang terdapat di daerah tersebut serta pada lokasi lain yang memiliki kondisi geologi yang sama.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan redaksi Jurnal Material dan Energi Indonesia dan Ketua Program Studi Fisika FMIPA Unpad atas diterbitkannya makalah ini.

Daftar Pustaka

1. Reynolds, J.M., 1998. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, New York, John Willey and Sons, 418.
2. Azhar dan Gunawan Handayani, 2004. Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Penentuan Tahanan Jenis Batubara, Jurnal Natur Indonesia 6 (2) 122-126.
3. Telford, W.M., Geldart, L.P. & Sheriff, R.E., 1990, Applied Geophysics, New York, Cambridge, 579-580.
4. Loke, M.H., 2004. Tutorial : 2D and 3D Electrical Imaging Surveys, <http://www.geoelectrical.com>.
5. Loke, M.H., 2004. Res2Dinv ver. 3.54, Rapid 2D Resistivity and IP Inversion Using the Least-Squares method, Geotomo Software, Malaysia, 11-36.