Perhitungan Cadangan Batubara menggunakan Metode Geolistrik Di Desa Bakungan, Kec. Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

Hendra Santoso[1], Jusfarida[2]
Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur[1], Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[2]
e-mail: Jusfarida@itats.ac.id

ABSTRACT

Coal is a solid hydrocarbon rock formed from plants in an oxygen-free environment which undergoes chemical changes and a metamorphosis process under the influence of pressure and heat lasted a very long time. The method used is the Geoelectric method, this method works by injecting electric current into the earth through a pair of iron electrodes. The data obtained is in the form of current strength (I) and potential difference (ΔV), with current strength and potential difference data calculated to obtain the rho value (ρ) or resistivity value in the rock. Resistivity values are greatly influenced by the physical properties of rocks below the earth's surface, so they can be used to interpret the existence of rock layers below the earth's surface, including coal seams, including their geometric shape, distribution and depth. Based on geoelectric analysis, it was found that there are 4 groups of resistivity values; low resistivity, medium resistivity, high resistivity and very high resistivity. Low resistivity has a resistivity value range of <10 Ohm.m which is included in this group is thought to be layers of clay, mudstone, carbonaceous mudstone, shale, silt and marl. Medium resistivity has a resistivity value range of between 10 – 75 ohm.m. This group is thought to be layers of alluvium (wet), sandy mudstone, fine sandstone, coarse sandstone (wet) and coal. High resistivity has a resistivity value range of 75 – 250 Ohm.m. This group is thought to be soil, loose sand layers (dry), fine sandstone (dry).

Keywords: *Coal, Geoelectricity, Reserve Calculation, Bakungan Village*

ABSTRAK

Batubara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen yang mengalami ubahan kimia dan proses metamorfosis oleh pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Metoda yang digunakan adalah metode Geolistrik, metoda ini bekerja dengan cara menginjeksikan arus listrik kedalam bumi melalui sepasang elektroda besi. Adapun data yang diperoleh berupa data kuat arus (I) dan beda potensial (ΔV), dengan data kuat arus dan beda potensial dihitung untuk mendapatkan nilai rho (ρ) atau nilai resistivitas pada batuan. Nilai resistivitas sangat dipengaruhi oleh sifat fisis batuan di bawah permukaan bumi, sehingga bisa dipergunakan untuk melakukan interpretasi keberadaan lapisan batuan di bawah permukaan bumi termasuk lapisan batubara, meliputi bentuk geometri, sebaran serta kedalamannya. Berdasarkan analisa geolistrik didapatkan bahwa ada 4 kelompok nilai resistivity; resistivity rendah, resistivity sedang, resistivity tinggi dan resistivity sangat tinggi. Resistivity rendah memiliki kisaran nilai resistivity <10 Ohm.m yang termasuk dalam kelompok ini diperkirakan merupakan lapisan lempung, batulempung, batulempung karbonan, serpih, lanau dan napal. Resistivity menengah memiliki kisaran nilai resistivity antara 10 – 75 ohm.m yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan lapisan aluvium (basah), batulempung pasiran, dan batupasir halus, batupasir kasar (basah) serta batubara. Resistivity tinggi memiliki kisaran nilai resistivity 75 – 250 Ohm.m yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan soil, lapisan pasir lepas (kering), batupasir halus (kering).

Kata kunci: Batubara, Geolistrik, Perhitungan Cadangan, Desa Bakungan

PENDAHULUAN

Batubara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen yang mengalami ubahan kimia dan proses metamorfosis oleh pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama.

Eksplorasi batubara menggunakan metoda Geolistrik atau metoda Resistivity-2D dilakukan di Desa Bakungan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur. Secara regional daerah survey terletak di Cekungan Kutai yang terbentuk karena proses pemekaran pada Kala Eosen Tengah yang diikuti oleh fase pelenturan dasar cekungan yang berakhir pada Oligosen Akhir. Untuk keperluan eksplorasinya, pada daerah survey telah dilakukan survey tinjau (geologi umum), dengan demikian metoda Geolistrik berfungsi sebagai alat bantu untuk korelasi data-data geologi yang

ISSN 2775-5630

sudah ada dan memberikan data tambahan pada daerah yang masih kosong (tidak ada data geologi) serta memberikan data acuan tahap eksplorasi berikutnya (pemboran eksplorasi).

Salah satu cara dalam mememetakan kondisi bawah permukaan dan perhitungan cadangan batubara adalah dengan cara Pemboran eksplorasi, semakin banyak titik pengeboran akan semakin besar tingkat keyakinan akan hasil penghitungan besarnya cadangan batubara, namun biaya yang diperlukan juga akan semakin besar. Apabila kondisi geologi pada daerah tersebut sangat komplek, maka akan semakin rumit dalam pemetaan dan perhitungan cadangan batubara, apabila data pengeboran sedikit. Oleh sebab itu diperlukan metode geofisika yang mampu memetakan kondisi dibawah permukaan bumi, penggunaan metode geolistrik mampu memetakan sebaran dan bentuk geometri, dan kedalaman dari batubara.

Metoda Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan pada batuan. Cara kerja metoda geolistrik adalah dengan cara menginjeksikan arus ke dalam bumi melalui sepasang elektroda besi. Adapun data yang diambil pada saat akuisisi data adalah data Besarnya kuat arus (I) dan beda potensial (ΔV) yang terjadi pada saat arus diinjeksikan kedalam tanah, selanjutnya dihitung nilai rho (ρ) atau resistivitasnya. Nilai resistivitas sangat dipengaruhi sifat fisis lapisan batuan di bawah permukaan bumi maka nilai rho ini dapat dipergunakan untuk melakukan interpretasi keberadaan lapisan batuan di bawah permukaan bumi termasuk lapisan batubara, meliputi bentuk serta kedalamannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Geolistrik

Teori umum potensial listrik didefenisikan sebagai energi potensial V persatuan muatan uji, pada kelistrikan statis berlaku :

$$V = \int_{\infty}^{\gamma} Edr = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{Q}{r} \text{.....(1)}$$

Jika pada suatu medium yang homogen isotropik dialiri arus listrik searah I dengan medan listrik sebesar E maka elemen arus dI yang melalui elemen luas dA dengan rapat arus J maka berlaku:

$$d\,I = J.d\,A\text{.....(2)}$$

Arus listrik diasumsikan muatan positif yang bergerak kearah terminal negatif. Sesuai dengan hokum Ohm:

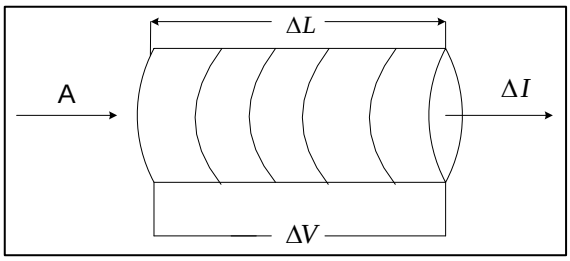
$$I = -\frac{\Delta V}{R} \text{ .....(3)}$$

dimana ΔV adalah beda potensial dan R adalah tahanan listrik dari konduktor, tanda negative menandakan bahwa arus mengalir dari potensial tinggi ke rendah. Sedangkan tahanan listrik (R), sebesar 1 Ohm ditentukan oleh geometri dan jenis media yang digunakan dalam hal ini resistivity berbanding lurus dengan resistivity spesifik dari media (ρ) dengan persamaan:

$$R = \frac{L}{A}\rho \text{ ……(4)}$$

Dimana untuk itu L adalah satuan panjang resistor dalam meter, A adalah satuan luas penampang dalam m^2.

ISSN 2775-5630



Gambar 1. Resistivitas batuan pada bidang homogen

Satuan resistivity adalah Ohm-meter (ohm). Arus listrik merambat memanfaatkan sifat daya hantar jenis listrik yang berbanding terbalik dengan resistivity, yaitu :

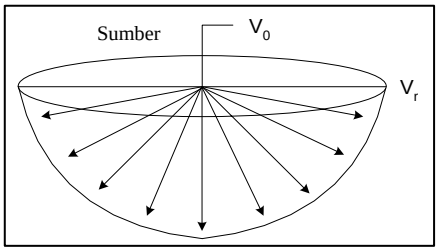
$$\sigma = \frac{1}{\rho} \text{.....(5)}$$

σ adalah daya hantar jenis listrik (konduktivitas) yang mempunyai satuan dalam SI adalah Siemens (S) per meter atau SM^{-1}.

Persamaan diatas berlaku untuk media terbatas berupa silinder kotak dll, nilai rapat arus tetap sedang pada media bumi maka diperlukan suatu pengertian perluasan dari terminologi diatas, dengan memberikan pengertian tentang rapat arus (J) sebagai berikut :

$$J = \frac{I}{A} \text{.....(6)}$$

I dalam Ampere luas, A dalam m^2, J dalam Ampere/m^2. Arus listrik ini bergerak ke semua arah berupa vektor.



Gambar 2. Arus yang bergerak di bidang homogen bumi

Bila persamaan tersebut disubstitusikan maka didapat:

$$J = \frac{1}{\rho}\frac{V}{L} \text{.....(7)}$$

Bila E adalah kuat medan dalam unit Volt/m, maka persamaan Hukum Ohm dapat ditulis :

$$J = \sigma E \text{.....(8)}$$

Penerapan pada media homogen-isotropik maka σ adalah skalar. Potensial listrik diyakini sebagai nilai skalar, maka persamaan untuk medan sebagai gradien dari medan konservatif.

$$E = -\nabla V \text{.....(9)}$$

Dari rumusan diatas akan didapatkan :

$$J = -\sigma \nabla V \text{ .....(10)}$$

Seperti diketahui $\nabla . J = 0$, sehingga :

$$\nabla . \left(\sigma \nabla V \right) = 0 \text{ .....(11)}$$

Dengan menggunakan persamaan $\nabla . \left(\phi A \right) = \nabla \phi . A + \phi \nabla . A$, maka persamaan akan berubah menjadi:

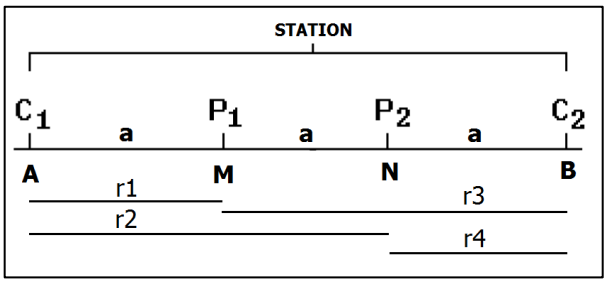
$$\nabla \sigma . \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \text{ .....(12)}$$

jika σ merupakan suatu konstanta, maka diperoleh suatu persamaan Laplace, yaitu:

$$\nabla^2 V = 0 \text{ .....(13)}$$

Dari persamaan ini terbukti bahwa potensial listrik adalah fungsi harmonik yang memenuhi persamaan Laplace.

Konfigurasi dan Susunan Elektroda



Gambar 3. Susunan elektroda arus dan potensial dalam pengukuran resistivity

Jika jarak antara dua elektroda arus adalah berhingga, maka potensial pada titik-titik di dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut, potensial yang disebabkan C_1 di titik P_1 adalah:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \quad , \quad A_1 = -\frac{I \rho a}{2 \pi} \text{ .....(14)}$$

Karena arus pada kedua elektroda adalah sama tapi berlawanan arahnya, maka potensial yang disebabkan C_2 di titik P_1 adalah:

$$V_1 = -\frac{A_2}{r_2} \quad , \quad A_2 = \frac{I \rho a}{2 \pi} = -A_1 \text{ .....(15)}$$

Dengan demikian akan didapatkan :

$$V_1 + V_2 = \frac{I \rho a}{2 \pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \text{.....(16)}$$

Dengan cara yang sama dilakukanlah penurunan di atas terhadap elektroda potensial P_2, sehingga pada akhirnya dapat diukur perbedaan potensial antara P_1 dan P_2, yaitu:

$$\Delta V = \frac{I\ \rho a}{2\ \pi}\left\{\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)-\left(\frac{1}{r_3}-\frac{1}{r_4}\right)\right\} \text{.....(17)}$$

Dalam melakukan eksplorasi Geolistrik diperlukan pengetahuan rencana perbandingan posisi titik pengamatan terhadap sumber arus. Besaran koreksi terhadap perbedaan letak titik pengamatan tersebut dinamakan faktor geometri. Faktor geometri diturunkan dari beda potensial antara elektroda potensial MN (P1P2) yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda arus AB (C1C2), yaitu:

$$\Delta V = VM - VN = \frac{I\ \rho a}{2\ \pi}\left\{\left(\frac{1}{r1}-\frac{1}{r2}\right)-\left(\frac{1}{r3}-\frac{1}{r4}\right)\right\}$$

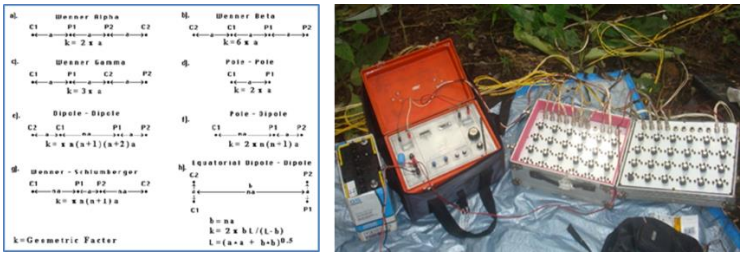
$$\rho a = 2\pi\left\{\left(\frac{1}{r1}-\frac{1}{r2}\right)-\left(\frac{1}{r3}-\frac{1}{r4}\right)\right\}^{-1}\frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho a = 2\pi\left\{\frac{1}{r1}-\frac{1}{r2}-\frac{1}{r3}+\frac{1}{r4}\right\}^{-1}\frac{\Delta V}{I} \text{ ……..(18)}$$

$$\rho a = K\frac{\Delta V}{I} \quad dengan \quad K = 2\pi\left\{\frac{1}{r1}-\frac{1}{r2}-\frac{1}{r3}+\frac{1}{r4}\right\}^{-1} \text{ ……..(19)}$$

ρa adalah *apparent resisitivity*, K adalah faktor geometri yang merupakan unsur penting dalam pendugaan *resistivity* baik pendugaan vertikal maupun horizontal, karena K akan tetap untuk posisi AB (C1C2) dan MN (P1P2) yang tetap.

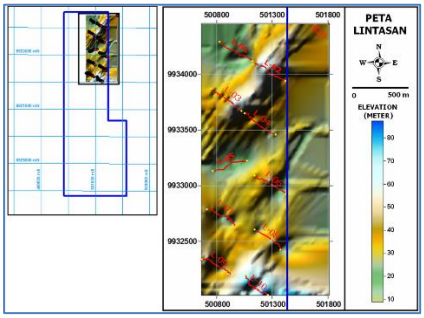
Berikut ini adalah beberapa konfigurasi Geolistrik beserta nilai faktor geometrinya (K):



Gambar 4. Peralatan Survey Geolistrik yaitu NANIURA dan Switching Box

METODE

Pengambilan data menggunakan alat NANIURA tipe NRD 22S penentuan titik-titik lintasan di lapangan menggunakan alat Global Positioning System (GPS). Gambar lintasan di lokasi dapat dilihat pada gambar 5

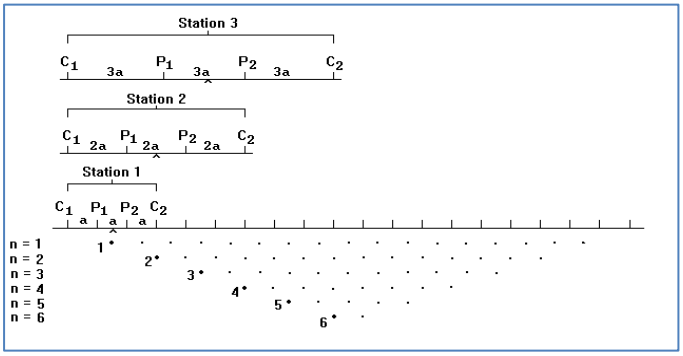


Gambar 5. Lintasan pengukuran Geolistrik di Desa Bakungan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara - Propinsi Kalimantan timur.

Di Desa Bakungan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur, dilakukan pengukuran Geolistrik sebanyak 10 lintasan yang dibagi menjadi 5 jalur pengukuran dimana setiap jalur terdiri dari 2 lintasan pengukuran. Konfigurasi yang dipakai dalam survey ini adalah Konfigurasi Wenner dengan spasi antar elektroda 10m, hal tersebut karena menggunakan multicable dan elektroda sebanyak 36 batang, maka dalam satu lintasan yang diperoleh 350m dengan arah lintasan secara umum adalah 120^0 NE dengan kedalaman penetrasi arus mencapai 60 m.

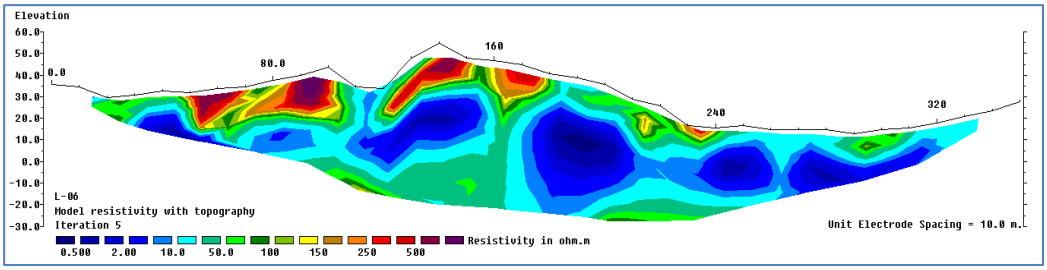
METODA PENGOLAHAN DATA DAN INTERPRETASI

Data hasil pengukuran dilapangan adalah berupa data posisi setiap elektroda (x,y,z) pada masing-masing lintasan dan data potensial (V) serta kuat arus (I). Dari data V dan I dihitung nilai resistivity/ rho (ρ). Nilai resistivity (ρ) inilah yang akan digunakan sebagai modeling lapisan bawah permukaan sesuai sifat kelistrikannya. Sebaran data (ρ) untuk setiap penampang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 6. Sebaran data resistivity (ρ) untuk semua penampang

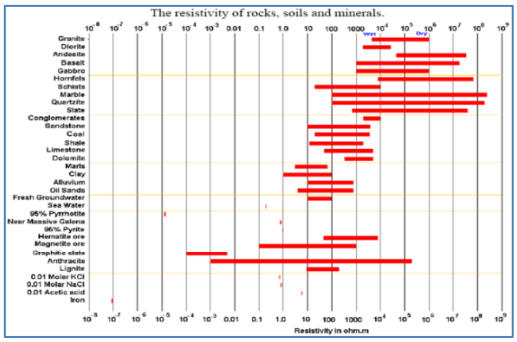
Data hasil perhitungan menghasilkan nilai resistivity dan kedalaman semu. Oleh karena itu untuk mendapatkan kedalaman dan nilai resistivity sebenarnya, maka harus dilakukan pemodelan. Pada laporan ini, pemodelan dilakukan dengan metoda inversi menggunakan software Res2dinv.



Gambar 7. Hasil pemodelan data resistivity menggunakan metoda inversi.

ISSN 2775-5630

Hasil pemodelan pada suatu penampang dengan panjang 350 meter dan kedalaman penampang mencapai 60 meter. Penampang ini menunjukkan sebaran nilai resistivity batuan di bawah permukaan. Dari penampang tersebut dapat dicocokan dengan data yang ada baik data bor, data singkapan maupun data literatur sehingga dapat diketahui kisaran resistivitas dari masing-masing lapisan.



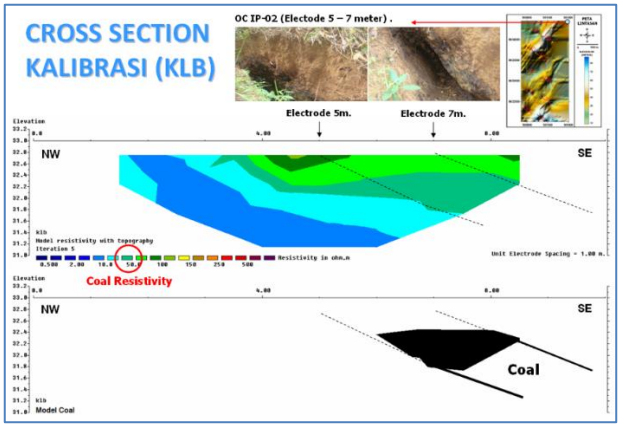
Gambar 8. Grafik acuan resitivity lapisan batuan dan mineral dari penelitian (M.H. Loke , 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

KALIBRASI

Pengertian kalibrasi di sini adalah membandingkan data singkapan dengan hasil model Geolistrik (model resistivity-2D). Melalui kalibrasi maka dapat ditentukan kisaran nilai resistivity lapisan batuan yang ada di lokasi survey dan dapat ditentukan pula kisaran nilai resistivity lapisan batubara sehingga dapat ditentukan penyebarannya.

Penampang model resistivity menunjukkan warna-warna dengan skala warna dapat dilihat di bagian bawah penampang resistivity, satuan yang dipakai pada model resistivity adalah ohm.m, model resistivity menunjukkan perlapisan nilai resistivity dari keheterogenan lapisan batuan. Penampang model resistivity berdasar kelompok nilai resistivity menunjukkan pola lapisan batuan bawah permukaan berdasar kisaran resistivitasnya, penampang ini dibagi menjadi 4 kelompok nilai resistivity; resistivity rendah, resistivity sedang, resistivity tinggi dan resistivity sangat tinggi. Resistivity rendah memiliki kisaran nilai resistivity <10 Ohm.m yang ditunjukkan oleh warna biru tua sampai biru sedang, yang termasuk dalam kelompok ini diperkirakan merupakan lapisan lempung, batulempung, batulempung karbonan, serpih, lanau dan napal. Resistivity menengah memiliki kisaran nilai resistivity antara 10 – 75 ohm.m yang ditunjukkan oleh warna birun muda sampai hijau muda, yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan lapisan aluvium (basah), batulempung pasiran, dan batupasir halus, batupasir kasar (basah) serta batubara. Resistivity tinggi memiliki kisaran nilai resistivity 75 – 250 Ohm.m yang ditunjukkan oleh warna hijau tua sampai orange, yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan soil, lapisan pasir lepas (kering), batupasir halus (kering). Resistivity sangat tinggi memiliki kisaran nilai resistivity >250 Ohm.m yang ditunjukkan oleh warna merah sampai ungu, yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan batupasir kasar (kering) dan batugamping.

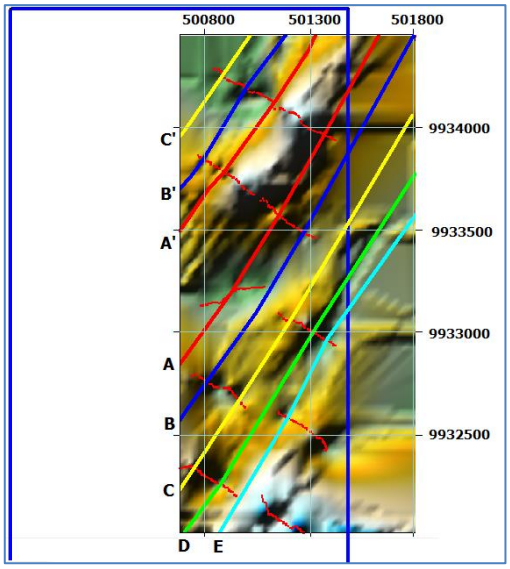


Gambar 9. Penampang Lintasan KLB yang dipergunakan untuk kalibrasi sebagai titik acuan interpretasi. Pada penampang resistivity, lapisan batubara ditunjukkan oleh warna hijau kebiruan (25 – 50 Ohm.m).

Berdasarkan penampang model resistivity dan data singkapan di atas maka keberadaan batubara diperkirakan berada pada kelompok nilai resistivity menengah yang memiliki pola perlapisan tertentu (nilai resistivity 25-50 Ohm.m atau ditunjukkan oleh warna hijau kebiruan). Berdasarkan data penampang resistivity pada jalur ini (Jalur klb.) terlihat bahwa tebal batubara hasil modeling resistivity memiliki ketebalan 1,5 – 2 meter dan terdiri dari 1 (satu) yaitu Seam-B (penamaan seam disesuaikan dengan hasil interpretasi keberadaan batubara di cover area survey) dengan kemiringan yang agak landai, hal ini sesuai dengan data singkapan dimana OC IPC-2 memeliki kemiringan lapisan kurang lebih 34^0.

HASIL MODEL 2D RESISTIVITY

Di daerah survey telah dilakukan 10 lintasan pengukuran Resistivity-2D yang dibagi menjadi 5 jalur pengukuran dimana 1 jalur terdiri dari 2 lintasan. Berhubung di lokasi survey terdiri dari 10 jalur pengukuran resistivity maka pemodelan yang dihasilkan berupa penampang resistivity sebanyak 10 penampang model resistivity. Semua penampang hasil model resistivity dan interpretasi lapisan batubara dapat dilihat pada lampiran. Dari interpretasi tiap penampang selanjutnya dibuat korelasi yang kemudian digambarkan pada peta lapisan batubara (coal seam) yang tertera pada peta sebaran seam batubara.

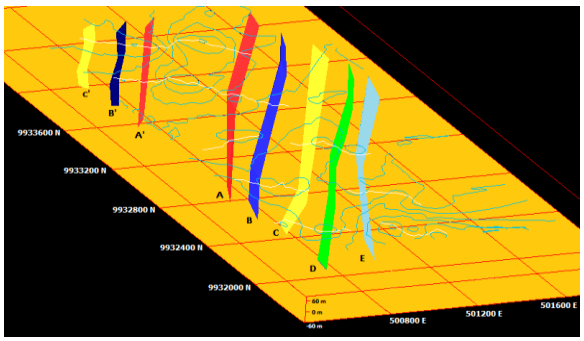


Gambar 10. Peta sebaran batubara berdasarkan data singkapan dan model resistivity 2-D. Korelasi lapisan batubara ditunjukkan dengan garis warna-warni (seam-A sampai seam-E dan seam-A' sampai seam-C'). Kontur topografi pada peta ini dibuat berdasarkan data DEM.

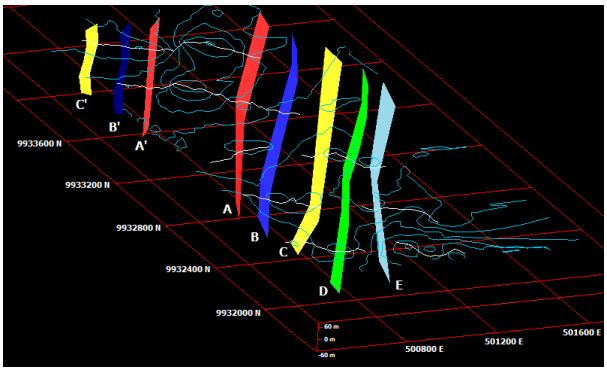
Berdasarkan peta sebaran batubara di atas memperlihatkan bahwa di daerah ini diinterpretasikan terdapat 5 (lima) seam, seam-A, seam-B, seam-C, seam-D, seam-E yang memiliki arah strike batubara secara umum adalah N 30^0 E sedangkan seam A', seam-B', seam-C' memiliki arah strike batubara secara umum adalah N 210^0 E, dengan sumbu antiklin berada diantara seam-A dan seam-A'..

HASIL MODEL 3D

Dari hasil modeling 2D resistivity dapat diketahui keberadaan dan penyebaran batubara pada masing-masing jalur, sehingga dapat dikorelasikan menjadi model 3D untuk mengetahui jumlah cadangan dari lapisan batubara.



Gambar 11. Model 3D seam batubara (arah pandang dari baratdaya/ SW) dengan floor dan topografi.



Gambar 12. Model 3D seam batubara di daerah survey (arah pandang dari baratdaya/ SW) dengan topografi tanpa *floor*.

PERKIRAAN CADANGAN

Dari data-data dan model yang telah dibuat selanjutnya dilakukan perhitungan cadangan. Perhitungan cadangan dilakukan menggunakan software Surpac. Sebagai dasar perhitungan adalah kedalaman miring setiap seam batubara sebesar 60 meter dari top masing-masing seam. Untuk mendapatkan keakuratan hasil yang lebih baik, maka ketebalan masing-masing seam yang digunakan adalah data ketebalan singkapan (Out Crop) hal ini disebabkan anomali nilai resistivity yang diperkirakan lapisan batubara pada umumnya lebih besar/ tebal dari benda sesungguhnya, data hasil model resistivity lebih digunakan untuk korelasi dan bentuk arah penyebaran seam. Adapun ketebalan masing-masing seam berdasar data singkapan dan anomali resistivity batubara adalah sebagai berikut: seam-A = 200 cm, seam-B = 150 cm, seam-C = 200 cm, seam-D = 200 cm, seam-E = 200 cm, seam-A' = 200 cm, seam-B' = 150 cm, seam-C' = 200 cm. Dari perhitungan cadangan menggunakan software Surpac didapatkan volume dalam satuan m^3. Untuk menghitung tonase, volume yang terhitung dikalikan berat jenis batubara sebesar 1,3 ton/m^3.

Estimasi perhitungan volume batubara di lokasi survey resistivity (± 250 Ha.) adalah sebagai berikut :

KESIMPULAN

1. Terdapat 4 kelompok nilai resistivity; resistivity rendah, resistivity sedang, resistivity tinggi dan resistivity sangat tinggi. Resistivity rendah memiliki kisaran nilai resistivity <10 Ohm.m yang termasuk dalam kelompok ini diperkirakan merupakan lapisan lempung, batulempung, batulempung karbonan, serpih, lanau dan napal. Resistivity menengah memiliki kisaran nilai resistivity antara 10 – 75 ohm.m yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan lapisan aluvium (basah), batulempung pasiran, dan batupasir halus, batupasir kasar (basah) serta batubara. Resistivity tinggi memiliki kisaran nilai resistivity 75 – 250 Ohm.m yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan soil, lapisan pasir lepas (kering), batupasir halus (kering). Resistivity sangat tinggi memiliki kisaran nilai resistivity >250 Ohm.m yang termasuk kelompok ini diperkirakan merupakan batupasir kasar (kering) dan batugamping.
2. Berdasarkan kalibrasi, lapisan batubara memiliki kisaran nilai resistivity 25 – 50 Ohm.m.
3. Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran Geolistrik pada lokasi survey diperoleh 5 seam batubara (seam-A sampai seam-E dan seam-A' sampai seam-C').
4. Lapisan batubara seam-A sampai seam-E mempunyai arah jurus secara umum $N30^0E$ dengan kemiringan ke arah tenggara sedangkan lapisan batubara seam-A' sampai seam-C' mempunyai arah jurus secara umum $N210^0E$ dengan kemiringan ke arah baratlaut.
5. Berdasarkan software surpac, diperoleh perkiraan cadangan pada areal seluas ± 300 Ha. adalah **1.215.663,80** Ton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang sudah banyak terlibat dalam proses pengumpulan dan pengolahan data dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Santoso and R. M. Situmorang, "Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Identifikasi Anomali Rongga Dan Gua Di Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara," *Bull. Sci. Contrib. Geol.*, vol. 21, no. 2, pp. 41–42, 2023, [Online]. Available: https://jurnal.unpad.ac.id/bsc/article/view/47210.

[2] Loke, D. M. (1996 - 2004). 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys. Canada: University of Alberta.

[3] Memuna, S., Darsono, D., & Legowo, B. (2017). Identifikasi Akuifer di Sekitar Kawasan Karst Gombong Selatan Kecamatan Buayan Kabupaten Kebumen dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol 13 No. 2

[4] Reynolds, J. (1997). An Introduction to Applied and Environtmental Geophysics. Chichester: John Wiley and Sons.

[5] Santoso, D. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika. Bandung*: ITB.

[6] Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Keys, D. A. (1976). *Applied Geophysics*, Edisi 1. Cambridge: Cambridge University Press

[7] Telford, W., Gerald, L., & Sheriff, R. (1990). *Applied Geophysics 2nd Edition.* Cambridge: Cambridge University Press.

[8] Van Bemmelen, R.W. (1949) *The Geology of Indonesia*, vol. I.A. General Geology. Martinus Nyhoff, The Hague.

[9] Van Zuidam, et, al 1983. *Guide to Geomorphologic aerial photographic interpretation and mampping.*