

Estimasi Cadangan Batugamping Berdasarkan Data Resistivitas Pada Area PT Graha Batu Perdana Kabupaten Morowali

Estimation of Limestone Reserves Based on Resistivity Data in The Area of PT Graha Batu Perdana, Morowali Regency

Jahidin^{1*}, Al Rubaiyn¹, Andrian¹, Usmardin¹

¹ Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Article history:

Received: 19 December 2023

Accepted: 21 July 2025

Keywords:

Metode Resistivitas; Wenner-Schlumberger; Cadangan Batugamping

Correspondent author:

jahidin_geofisika@uho.ac.id

Abstrak. Estimasi potensi cadangan batugamping secara akurat merupakan langkah krusial dalam perencanaan penambangan yang berkelanjutan dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi potensi cadangan batugamping di Blok A, area penambangan PT Graha Batu Perdana, Kecamatan Bungku Pesisir, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah, berdasarkan data resistivitas yang menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Survei dilakukan pada empat lintasan dengan panjang masing-masing 310 meter. Inversi data resistivitas semu menggunakan Res2inv yang kemudian diproses menjadi model resistivitas 3D menggunakan perangkat lunak Voxler. Model 3D digunakan untuk mengidentifikasi sebaran dan volume satuan batugamping berdasarkan distribusi yang dikorelasikan dengan singkapan batuan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa volume total batugamping di Blok A mencapai 3.222.099,255 m³, dengan luas area sebesar 89.979 m². Berdasarkan asumsi densitas batugamping sebesar 2,5 ton/m³, estimasi potensi cadangan diperoleh sebesar 8.055.248,125 ton. Sebaran potensi tertinggi terkonsentrasi di bagian utara dan timur area penelitian, yang diduga berkorelasi dengan kondisi geologi yang lebih utuh dan minim pelapukan.

Abstract. Accurate estimation of limestone reserves is a crucial step in planning sustainable and efficient mining. This study aims to estimate the potential limestone reserves in Block A, the mining area of PT Graha Batu Perdana, Bungku Pesisir Subdistrict, Morowali Regency, Central Sulawesi, based on resistivity data using the Wenner-Schlumberger configuration. The survey was conducted on four transects, each 310 meters long. Pseudoresistivity data inversion was performed using Res2inv, which was then processed into a 3D resistivity model using Voxler software. The 3D model was used to identify the distribution and

unit volume of limestone based on the distribution correlated with rock outcrops. The modeling results showed that the total volume of limestone in Block A reached 3,222,099.255 m³, with an area of 89,979 m². Based on the assumption of a limestone density of 2.5 tons/m³, the estimated reserve potential was 8,055,248.125 tons. The highest potential distribution is concentrated in the northern and eastern parts of the study area, which is suspected to be correlated with more intact geological conditions and minimal weathering.

© 2025 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Batugamping (limestone) merupakan batuan sedimen karbonatan yang secara litologis didominasi oleh mineral kalsit (CaCO₃). Dari segi ekonomi, batugamping memiliki peran strategis sebagai bahan baku utama dalam industri semen, konstruksi, pertanian (pupuk kapur), dan sektor industri kimia, menjadikannya komoditas geologis yang krusial dalam rantai pasok industri berbasis sumber daya alam (Boggs, 2006). Oleh karena itu, eksplorasi yang mencakup identifikasi, pemetaan, dan estimasi cadangan batugamping merupakan tahapan esensial dalam perencanaan penambangan yang efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan peta geologi regional, lokasi penelitian berada dalam satuan stratigrafi Formasi Tokala (TRJt), yang secara stratigrafi ditindih oleh endapan aluvium holosen. Formasi Tokala terdiri atas perselingan batugamping klastika, batupasir wela, wake, serpih, napal, lempung pasir, dengan sisipan argilit, yang secara genetis mengindikasikan lingkungan pengendapan laut dangkal dengan variasi energi sedimen yang moderat hingga tinggi. Karakter litologis ini menunjukkan

potensi adanya lapisan batugamping yang dapat dieksploitasi, meskipun heterogenitas litologi dan tingkat pelapukan menjadi faktor kunci dalam penilaian kualitas dan kuantitas cadangan.

Seiring dengan berkembangnya kebutuhan akan eksplorasi yang lebih cepat, akurat, dan ramah lingkungan, metode geofisika—khususnya metode resistivitas geolistrik—telah menjadi pilihan utama dalam kegiatan eksplorasi bawah permukaan. Metode resistivitas bekerja dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda dan mengukur beda potensial yang dihasilkan di permukaan untuk memperoleh nilai tahanan jenis bawah permukaan (Wijaya, 2015). Nilai tahanan jenis (resistivitas) suatu lapisan sangat dipengaruhi oleh jenis batuan, tingkat porositas, kandungan fluida, dan kekompakan. Dalam konteks batugamping, zona batuan yang kompak dan bersifat massif cenderung menunjukkan nilai resistivitas yang tinggi, sedangkan zona yang mengalami pelapukan, rekahan, atau terisi oleh air dan material lempung akan menunjukkan resistivitas yang lebih rendah (Karriqi & Pekmezi, 2018). Kelebihan utama dari metode ini adalah

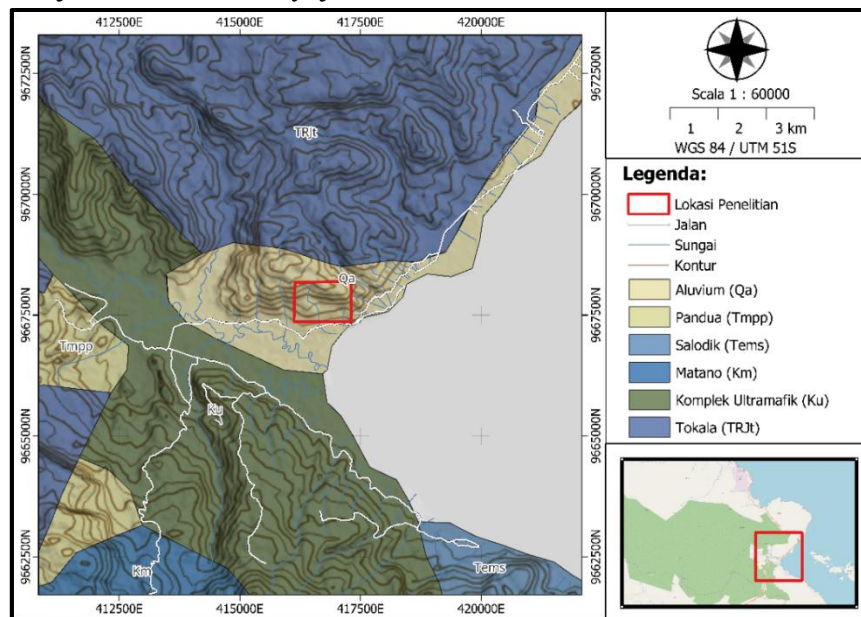
kemampuannya untuk memetakan sebaran batuan secara lateral dan vertikal tanpa perlu pengeboran yang mahal dan invasif. Dengan menggunakan konfigurasi elektroda Wenner-Schlumberger yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap variasi struktur bawah permukaan, metode ini dapat menghasilkan data resistivitas yang lebih representatif. Data tersebut kemudian dapat diolah menggunakan perangkat lunak pemodelan tiga dimensi untuk menginterpretasikan geometri dan volume batuan target, sehingga memungkinkan dilakukannya estimasi cadangan secara kuantitatif (Suyanto, 2014). Penelitian ini dilakukan untuk mengaplikasikan metode resistivitas geolistrik sebagai alat utama dalam mengestimasi cadangan batugamping pada Blok A area tambang PT Graha Batu Perdana di Kecamatan Bungku Pesisir, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. Melalui pemanfaatan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan interpretasi model 3D, penelitian ini bertujuan untuk menyajikan

informasi geospasial yang akurat terkait sebaran dan volume cadangan batugamping, yang dapat mendukung proses eksplorasi dan pengambilan keputusan teknis secara lebih efisien dan berbasis data ilmiah. Tolong gunakan gaya bahasa seorang ilmuwan teknik geofisika.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional

Wilayah penelitian terletak di Desa Turete, Kecamatan Bungku Pesisir, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara regional, kondisi geologi daerah (**Gambar 1**) ini telah dipetakan dalam Peta Geologi Lembar Bungku berskala 1:60.000 oleh Simanjuntak et al. (1993), serta tercakup pula dalam Peta Geologi Lembar Lasusua–Kendari oleh Rusmana et al. (1993). Kedua peta geologi tersebut menjadi acuan utama dalam penentuan satuan stratigrafi dan kerangka geologis wilayah penelitian.



Gambar 1 Peta geologi daerah penelitian (Modifikasi dari peta geologi Lembar Lasusua-Kendari dan Lembar Bungku)

Berdasarkan peta geologi tersebut, daerah penelitian secara stratigrafi terdiri atas dua satuan utama, yaitu Aluvium (Qa) dan Formasi Tokala (TRJt). Aluvium (Qa) merupakan endapan Kuartar yang tersebar di sepanjang lembah sungai dan dataran rendah, terutama di sekitar areal tambang. Litologinya dominan terdiri atas material tidak terkonsolidasi seperti kerakal, kerikil, pasir, dan lempung, yang diendapkan oleh proses fluvial dan akselerasi permukaan selama periode geologi terkini. Endapan aluvium umumnya membentuk lapisan penutup (*overburden*) yang bervariasi ketebalannya.

Lapisan ini menindih satuan Formasi Tokala (TRJt) yang merupakan satuan geologi utama yang menjadi fokus penelitian. Formasi ini diperkirakan berumur Tersier Awal hingga Jura Akhir (Tersier–Jura). Secara litologi, Formasi Tokala dicirikan oleh perselingan berbagai jenis batuan sedimen, antara lain batugamping klastika, batupasir, serpih, napal, lempung pasiran, serta sisipan argilit. Karakter litologis ini mengindikasikan lingkungan pengendapan laut dangkal dengan fluktuasi energi hidrodinamik yang cukup tinggi, kemungkinan besar dalam setting ramp carbonate atau lingkungan transisi antara platform dan basinal slope.

Keberadaan batugamping klastika dalam formasi ini menjadi indikator potensi sumber daya batugamping yang dapat dieksploitasi secara komersial. Namun, heterogenitas litologi, pelapukan, dan struktur rekahan yang umum terjadi di wilayah tropis seperti Sulawesi Tengah dapat memengaruhi kualitas dan kontinuitas massa batuan.

2.2. Metode Resistivitas

Bumi tersusun atas berbagai lapisan geologi yang memiliki sifat fisika berbeda, salah satunya sifat kelistrikan yang ditunjukkan oleh variasi resistivitas (tahanan jenis) setiap batuan. Perbedaan resistivitas ini dipengaruhi oleh jenis batuan, umur, porositas, permeabilitas, tingkat kekompakan, kandungan mineral, dan konsentrasi elektrolit dalam pori-pori batuan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam metode geolistrik untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan secara non-invasif. Metode geolistrik bekerja dengan menyuntikkan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda arus dan mengukur beda potensial pada elektroda potensial, kemudian menghitung resistivitas semu yang selanjutnya diinversi untuk memperoleh model distribusi resistivitas sejati sebagai representasi struktur bawah permukaan (Vebrianto, 2016). Dengan memanfaatkan kontras resistivitas antar lapisan, metode ini mampu mengidentifikasi sebaran litologi, kedalaman lapisan, zona rekahan, akuifer, maupun tubuh batuan potensial seperti batugamping, sehingga banyak diterapkan dalam eksplorasi sumber daya mineral, hidrogeologi, dan studi geoteknik.

Menurut Ohm, resistivitas R dirumuskan:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Sehingga nilai resistivitas (ρ) :

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2)$$

Pada metode geolistrik resistivitas terdapat banyak konfigurasi yang dapat

digunakan dan salah satunya adalah konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan modifikasi dari bentuk antara pengukuran geolistrik mapping dimana pengukuran mapping menggunakan metode *Wenner* (pengukuran kearah lateral) dan geolistrik sounding yang pengukurannya menggunakan metode *Schlumberger* mempunyai kedalaman penetrasi lebih besar (Bukhari, 2017). Faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yaitu :

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]}$$

$$K = 2\pi \left[\frac{1}{na} - \frac{1}{na+a} - \frac{1}{na+a} + \frac{1}{na} \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi \left[\frac{2}{na} - \frac{2}{na+a} \right]^{-1}$$

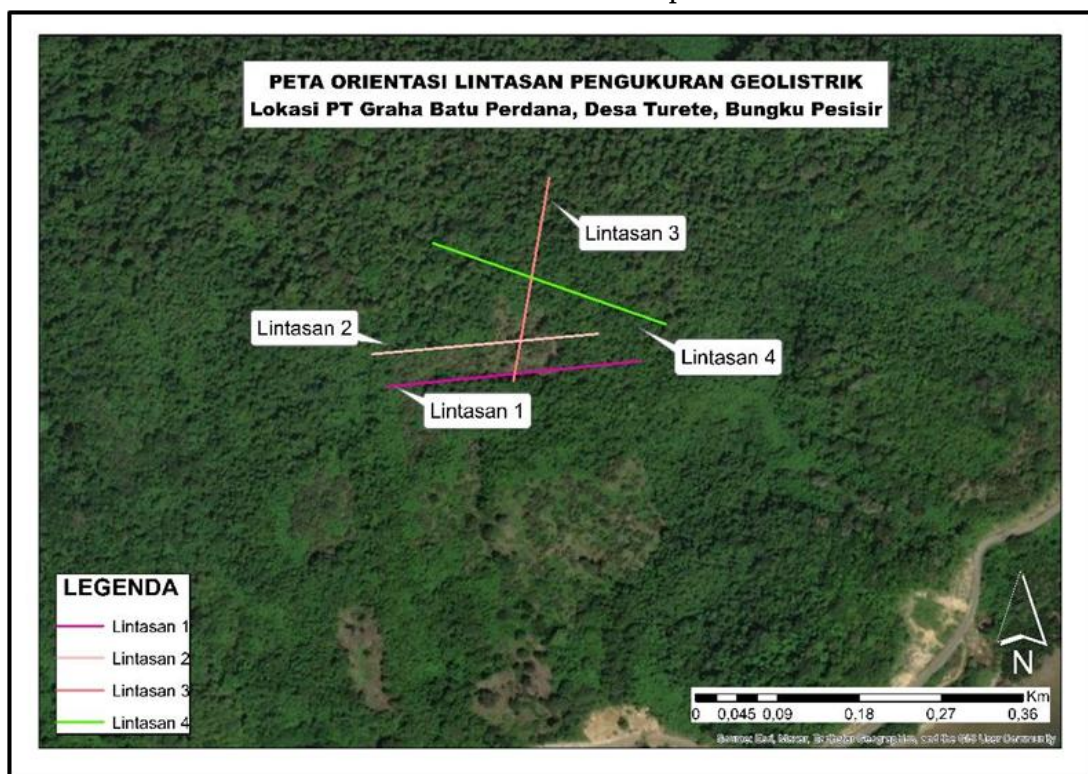
$$K = 2\pi \left[\frac{2}{na(n+1)} \right]^{-1}$$

$$K = 2\pi \left[\frac{na(n+1)}{2} \right]$$

$$K = \pi n(n+1)a \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN (METHODS)

Lokasi penelitian terletak pada area PT Graha Batu Perdana Blok A, Desa Turete, Kecamatan Bungku Pesisir, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi *Wenner-schlumberge* sebanyak 4 lintasan yang masing-masing sepanjang 310 (**Gambar 2**). Inversi data resistivitas semu menggunakan *software* Res2Dinv kemudian menggunakan *software* voxler untuk memodelkan penampang 3 Dimensi. Interpretasi perlapisan batuan didasarkan atas korelasi antara nilai resistivitas dan singkapan batuan pada lintasan terukur.

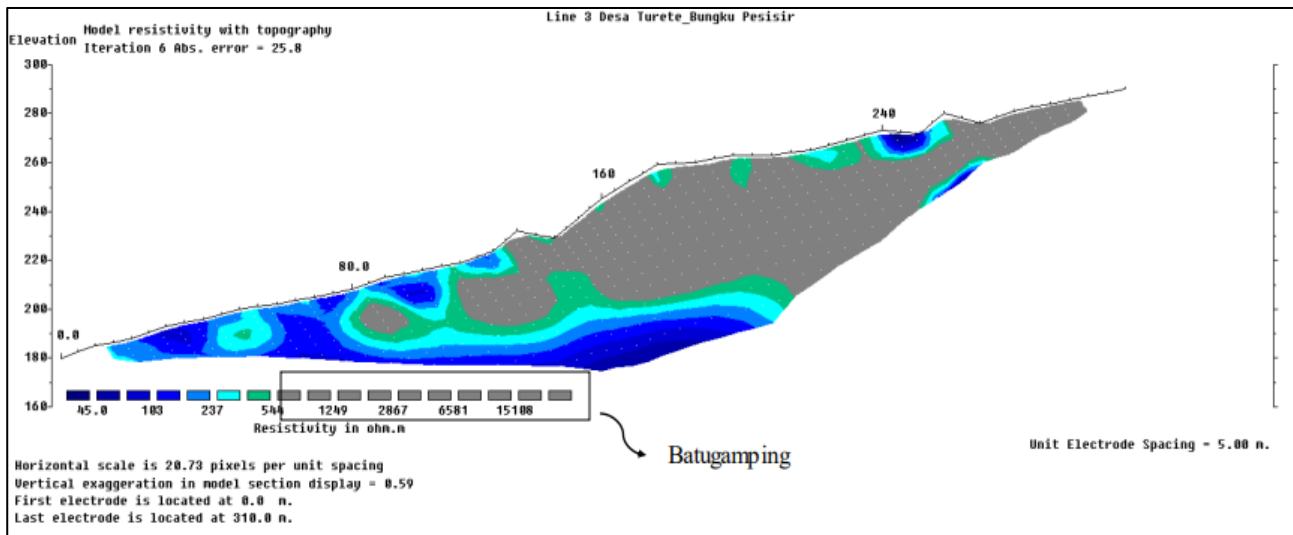


Gambar 2 Peta orientasi lintasan di area penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data resistivitas pada seluruh lintasan menghasilkan penampang inversi 2D yang menunjukkan tingkat matching antara data observasi dan hasil perhitungan cukup baik, dengan nilai error relatif berkisar antara

20% hingga 38%, yang masih dapat diterima untuk interpretasi geologi bawah permukaan. Salah satu hasil penampang ditampilkan pada **Gambar 3**, yakni model hasil inversi lintasan ke-3 yang telah mempertimbangkan topografi..



Gambar 3 Model penampang resistivitas 2D bawah permukaan pada *line 3* dengan topografi

Berdasarkan analisis penampang resistivitas, dua unit litologi utama teridentifikasi secara konsisten di sepanjang lintasan survei, masing-masing dicirikan oleh rentang resistivitas spesifik:



Gambar 4. Singkapan batugamping pada lintasan 3

Batupasir berselingan lempung dengan resistivitas $< 499 \Omega\text{m}$, divisualisasikan dalam gradasi biru kehijauan. Nilai resistivitas ini konsisten dengan sifat batuan sedimen klastik yang telah mengalami kompaksi sebagian, dengan porositas menengah dan permeabilitas terbatas.

Batugamping (*limestone*): Muncul sebagai unit berresistivitas tinggi, dengan rentang $> 500 \Omega\text{m}$, dalam gradasi biru muda hingga merah yang kemudian divisualisasikan dengan warna abu-abu. Resistivitas tinggi mengindikasikan material yang kompak, rendah porositas, dan relatif kering, khas dari batuan karbonat yang telah mengalami sementasi kuat dan pelarutan terbatas.

Validasi lapangan menunjukkan adanya singkapan batugamping (**Gambar 4**) pada jarak sekitar 160 m dari titik awal lintasan,

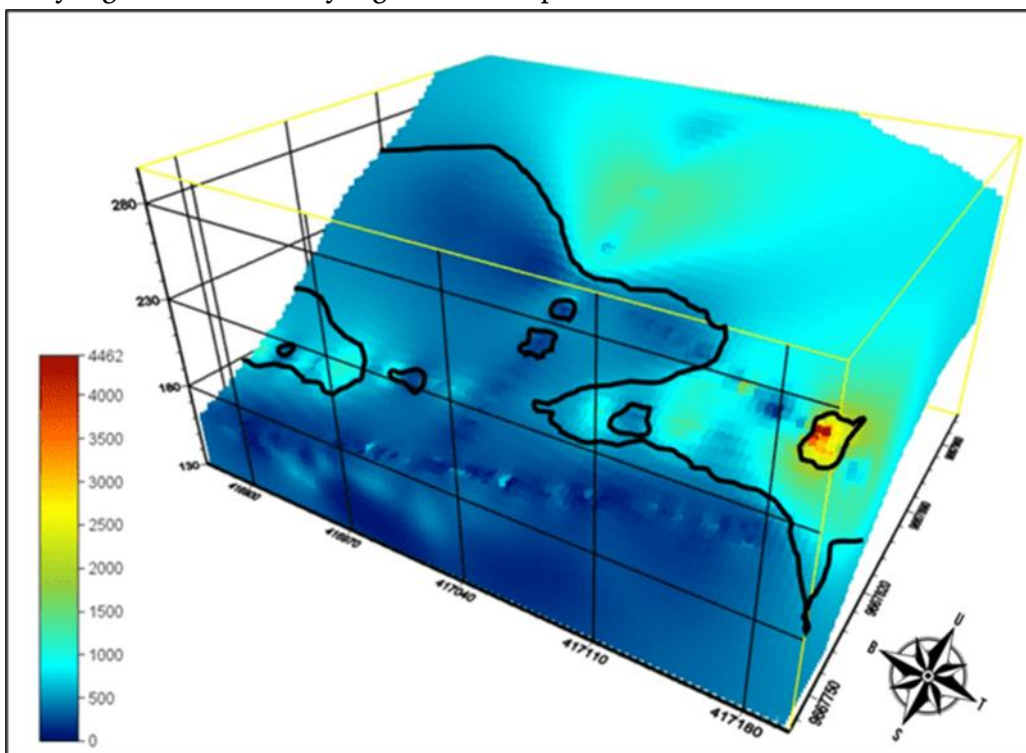
yang berkorelasi dengan anomali resistivitas tinggi pada penampang hasil inversi. Korelasi dengan singkapan batuan menunjukkan bahwa nilai resistivitas di atas 500 Ωm merupakan indikator kuat keberadaan batugamping, sesuai dengan karakteristik litologi regional.

Berdasarkan penampang hasil inversi selanjutnya dibuat model 3D berupa model 3D distribusi resistivitas (**Gambar 5**) dan model 3D lapisan batuan (**Gambar 6**). Luas permukaan untuk model ini adalah 89.979 m^2

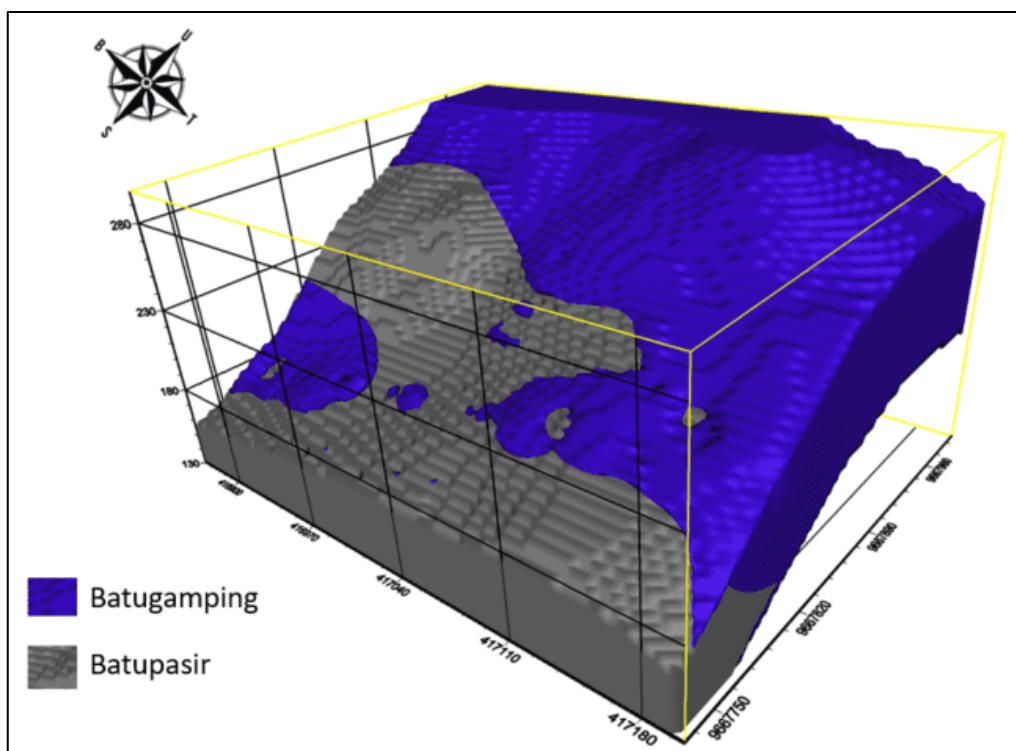
Penentuan potensi cadangan batugamping pada penelitian ini menggunakan metode *cut off* dengan memanfaatkan modul *isosurface* yang terdapat pada software *Voxler isosurface* mempunyai algoritma yang memisahkan antara daerah yang memiliki nilai yang lebih

rendah dari *isovalue* dengan daerah yang memiliki yang memiliki nilai yang lebih tinggi dari *isovalue* yang dimana nilai dari resistivitas nikel laterit dibatasi pada batas nilai berdasarkan hasil pemodelan yang di korelasikan dengan table nilai resistivitas batuan. Nilai cut off atau batas nilai resistivitas yang diinterpretasikan sebagai nikel batugamping > 500 Ωm .

Model 3D juga memperlihatkan terjadinya perselingan antara lapisan batugamping dan batupasir. Pada **Gambar 6** dapat dilihat penampang 3D yang menunjukkan arah sebaran batugamping potensi sebaran batugamping terbanyak berdasarkan model penampang 3D terletak dibagian utara dan timur daerah penelitian



Gambar 5. Solid model penampang 3D



Gambar 5. Model penampang 2D lintasan 2 dengan topografi

Berdasarkan solid model ini diperoleh volume batugamping yang dihitung pada daerah mencapai 3.222.099,255 m³. Untuk densitas batugamping sebesar 2,5 ton/m³ maka didapatkan estimasi potensi cadangan batugamping yang terdapat pada daerah penelitian mencapai 8.055.248,125 ton.

5. KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan uraian pembahasan diatas disimpulkan bahwa :

1. Pelapisan batuan dia area penelitian berupa batugamping dengan resistivitas > 500 Ωm dan batupasir yang berselingan lempung dengan resistivitas < 500 Ωm. Batu gamping menebal ke arah utara dan timur
2. Berdasarkan model 3D diperoleh estimasi potensi cadangan batugamping di blok A area penambangan PT. Graha Batu Perdana mencapai 8.055.248,125 ton

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Graha Batu Perdana yang telah banya membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs Jr., S., 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Pearson Prentice Hall, New Jersey 4th ed., 662h.
- Bukhari, Saputra, A. D., Pratama, A. H., Abdullah, F., Yanis, M., dan Ismail, N. (2017). Identifikasi Struktur Berpotensi Longsor Berdasarkan Model Listrik 2D. Prosiding BKS-PTN Wilayah Barat. Ratu Convention Center-Jambi. Mei 12-14.
- Karriqi, A., & Pekmezi, J. (2018). Evaluation of limestones compactness using electrical resistivity method: Case study Melova. Conference Paper. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/327836101>

- Sukandarrumidi, 2018. Batubara dan Gambut. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, p. 151.
- Suyanto, I. (2014). Analisis Data Resistivitas Dipole-Dipole untuk Identifikasi dan Perhitungan Sumber Daya Asbuton di Daerah Kabungka. Skripsi. Universitas Halu Oleo.
- Vebrianto, S. (2016). Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi Terinduksi dan Potensial Diri. Malang: UB Press.
- Wijaya, A. S. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. Jurnal Fisika Indonesia, 55.
- Wijaya, H. B. (2015). Geolistrik Tahanan Jenis dan Aplikasinya dalam Eksplorasi Geofisika. Yogyakarta: Deepublish
- Ziha, A. (2022). Estimasi Potensi Cadangan Batugamping Berdasarkan Data Resistivitas Pada Blok B dan C Area Penambangan PT. Ansaf Inti Resource Desa Tondowatu Kabupaten Konawe utara.