



Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Kriging di PT. Inti Bara Perdana, Taba Penanjung

Qurratul A'yun^{1*}, Hisni Rahmi², Yudi Arista Yulanda³

¹ Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Indonesia

²⁻³ Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Indonesia

Qurratulayun@unsri.ac.id¹, hisnirahmi@unja.ac.id², yudiarista@unja.ac.id³

*Penulis Korespondensi: Qurratulayun@unsri.ac.id

Abstract. *This study aims to estimate coal resources using the kriging method at PT. Inti Bara Perdana, Taba Penanjung, Bengkulu. Geostatistical analysis was applied to evaluate spatial variability of coal quality parameters, including total moisture (TM), inherent moisture (IM), ash content (ASH), volatile matter (VM), fixed carbon (FC), and calorific value (CV). The research utilized drilling data with an average spacing of 80 meters. Variogram modeling was conducted using SGeMS software, employing spherical models to determine nugget, sill, and range parameters. The results show a low nugget effect (0%) indicating strong spatial continuity. The obtained ranges vary between 180–1296 meters depending on the parameter. Block kriging estimation was performed using block dimensions of 25 × 25 × 8 meters and a coal density of 1.3 ton/m³. The total estimated coal resource up to an elevation of 230 m is 253,500 tons. These findings demonstrate that kriging provides reliable resource estimation and supports mine planning optimization. This research contributes to improving coal resource evaluation accuracy and operational decision-making in open-pit mining.*

Keywords: Coal Resource; Geostatistics; Kriging; Resource Estimation; Variogram.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sumberdaya batubara menggunakan metode kriging di PT. Inti Bara Perdana, Kecamatan Taba Penanjung, Bengkulu. Analisis geostatistik diterapkan untuk mengevaluasi variabilitas spasial parameter kualitas batubara yang meliputi total moisture (TM), inherent moisture (IM), ash (ASH), volatile matter (VM), fixed carbon (FC), dan calorific value (CV). Data yang digunakan berasal dari hasil pemboran eksplorasi dengan spasi rata-rata ±80 meter. Pemodelan variogram dilakukan menggunakan perangkat lunak SGeMS dengan model spherical untuk memperoleh parameter nugget, sill, dan range. Hasil penelitian menunjukkan nilai nugget effect sebesar 0% yang mengindikasikan kontinuitas spasial yang baik. Nilai range yang diperoleh bervariasi antara 180–1296 meter tergantung parameter kualitas batubara. Estimasi sumberdaya dilakukan dengan metode block kriging menggunakan dimensi blok 25 × 25 × 8 meter dan densitas batubara 1,3 ton/m³. Total sumberdaya batubara hingga elevasi 230 mdpl diperoleh sebesar 253.500 ton. Hasil ini membuktikan bahwa metode kriging mampu memberikan estimasi sumberdaya yang andal dan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan tambang.

Kata Kunci: Batubara; Estimasi Sumberdaya; Geostatistik; Kriging; Variogram.

1. LATAR BELAKANG

Batubara merupakan salah satu sumber energi utama yang berperan penting dalam mendukung kebutuhan energi nasional. Optimalisasi pemanfaatan batubara memerlukan perencanaan tambang yang didasarkan pada estimasi sumberdaya yang akurat. Estimasi yang kurang tepat dapat menimbulkan risiko teknis dan ekonomi dalam kegiatan penambangan. Hal ini karena ada tingkat kompleksitas kondisi geologi yaitu sederhana, moderat dan kompleks Nasional (2019) yang memberikan pengaruh dalam mengestimasi sumberdaya batubar (Marwanza, 2023).

Pendekatan konvensional dalam perhitungan sumberdaya seringkali mengabaikan karakteristik spasial data, sehingga hasil estimasi menjadi kurang representatif. Geostatistik hadir sebagai pendekatan kuantitatif yang mempertimbangkan korelasi spasial antar data

melalui analisis variogram dan metode interpolasi seperti kriging. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode kriging mampu memberikan hasil estimasi yang lebih akurat dibandingkan metode deterministik. Penelitian terdahulu seperti analisis variasi penaksiran sumberdaya batubara menggunakan metode *inverse distance weight* dan *ordinary kriging* Yulanda et al. (2022); analisis korelasi geospasial data titik bor berdasarkan metode geostatistik variogram untuk sumberdaya batubara (Ramadhan et al., 2021; Yulanda et al., 2025); analisis variography ordinary kriging untuk estimasi batubara (Wulandari et al., 2020); estimasi sumberdaya nikel laterit dengan menentukan model variogram berdasarkan cross validation dan *root mean square error* (RMSE) menggunakan metode *ordinary kriging* (Anggara et al., 2021); estimasi nikel laterit dengan metode IDW dan kriging (Ode Safarudin & Kumalasari, 2024), perbandingan antara model blok 3D dengan ordinary kriging dan model 2D dengan polygonal untuk estimasi sumberdaya timah aluvial (Anggraini et al., 2018).

Namun, penerapan metode ini pada endapan batubara di wilayah Bengkulu masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi untuk mengisi celah penelitian (*research gap*) dalam penerapan geostatistik pada estimasi sumberdaya batubara di PT. Inti Bara Perdana. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik spasial kualitas batubara melalui variogram serta mengestimasi sumberdaya batubara menggunakan metode kriging blok.

2. KAJIAN TEORITIS

Estimasi sumberdaya batubara merupakan salah satu langkah penting dalam kegiatan eksplorasi geologi karena hasil estimasi menjadi dasar dalam perencanaan tambang, evaluasi ekonomi, dan klasifikasi cadangan batubara. Secara umum, estimasi dilakukan dengan metode interpolasi spasial yang mampu memprediksi nilai atribut geologi pada lokasi yang belum disampel berdasarkan data bor eksplorasi yang tersedia. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam estimasi sumberdaya geologi adalah metode kriging, yang merupakan metode statistik geostatistik yang mempertimbangkan struktur variansi spasial data untuk menghasilkan prediksi yang optimal dan tidak bias di lokasi yang tidak tersampel (Sarita et al., 2024; Simbolon et al., 2025).

Geostatistik, khususnya kriging, tidak hanya digunakan dalam prediksi ketebalan batubara tetapi juga dalam estimasi parameter kualitas batubara seperti kadar abu (*ash content*) dan variabel ketebalan lainnya. Contohnya, penelitian untuk karakterisasi kualitas batubara menggunakan kriging menunjukkan bahwa model kriging mampu meminimalisasi *Root Mean Square Error* (RMSE) ketika memodelkan distribusi kadar abu batubara dibandingkan dengan

IDW, yang menandakan kemampuan kriging dalam menangkap heterogenitas data geologi (Wahyuni et al., 2019).

Dalam proses estimasi sumberdaya batubara, pembuatan model blok 3D sering kali melibatkan kriging untuk memprediksi distribusi atribut seperti ketebalan, koordinat, dan parameter lain pada setiap blok. Variasi ukuran blok serta pemodelan variogram menjadi aspek penting yang mempengaruhi hasil estimasi, dimana model blok kriging yang dipilih harus mempertimbangkan keseimbangan antara resolusi spasial dan jumlah data. Model blok yang terlalu kecil dapat meningkatkan ketidakpastian prediksi karena data bor yang terbatas, sedangkan blok yang terlalu besar bisa mengaburkan heterogenitas geologi (Wulandari et al., 2020).

Selain itu, perkembangan teknik geostatistik modern juga melibatkan kombinasi kriging dengan metode numerik atau teknik lain seperti *co-kriging*, atau bahkan metode berbasis *machine learning* untuk meningkatkan akurasi prediksi dalam kondisi spasial yang sangat kompleks. Teknik-teknik ini membantu mengatasi keterbatasan kriging konvensional yang seringkali mengasumsikan stasioneritas data dan variogram linear. Studi terbaru juga menunjukkan integrasi berbagai model geostatistik untuk menilai ketidakpastian estimasi dan memperbaiki prediksi sumberdaya di berbagai kondisi geologi yang menantang (Atalay, 2023; Lindi et al., 2024).

Secara keseluruhan, penerapan metode kriging dalam estimasi sumberdaya batubara telah menjadi standar dalam geologi pertambangan karena kemampuannya dalam menghasilkan estimasi yang konsisten, klasifikasi sumberdaya (measured, indicated, inferred), serta meminimalkan ketidakpastian dibandingkan beberapa metode deterministik sederhana. Penerapan metode ini terus berkembang seiring dengan kemajuan perangkat lunak geostatistik dan integrasi dengan *data science* modern untuk menangani data geologi yang semakin besar dan kompleks (Zhang & Liu, 2024). Kriging blok digunakan untuk mengestimasi nilai rata-rata dalam suatu volume tertentu yang merepresentasikan blok penambangan. Penelitian Mulya (2009) serta Isaaks dan Srivastava (1989) menunjukkan bahwa kriging sangat efektif dalam estimasi sumberdaya mineral dengan mempertimbangkan struktur spasial data.

Basis data assay adalah data awal yang berisi informasi mengenai hasil kegiatan pemboran dan pemercontaan, yang nantinya bisa digunakan dalam berbagai tujuan kegiatan, seperti perhitungan sumberdaya. Basis data assay ini bisa diperoleh dari kegiatan pemboran eksplorasi, test pit, atau channel sampling. Dalam penelitian ini basis data assay yang didapatkan dari kegiatan pemboran eksplorasi. Basis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi koordinat lokasi pemboran, kedalaman pemboran, kadar dari unsur-unsur yang terdiri

dari kadar TM% (Ar), I.M % (adb), ASH % (adb), VM % (adb), FC % (adb), G. Cv Cal/g % (adb). Informasi dasar basis data assay untuk penelitian ini diperoleh dari kegiatan pemboran eksplorasi dengan kedalaman bervariasi antara 30 meter hingga 108 m, sedangkan analisis kadar dari contoh yang diperoleh dari pemboran dilakukan rata-rata tiap 1 (satu) meter kedalaman panjang contoh tersebut. Basis data assay ini dibuat untuk keperluan melakukan import data kedalam program SGeMS (*Stanford Geostatistical Earth Modeling Software*) yaitu perangkat lunak atau program untuk melakukan pengolahan data secara geostatistik dengan menggunakan metoda kriging pada suatu support geometri berupa blok 3 (tiga) dimensi yang merupakan model dari data yang diolah. Basis data assay yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu:

- a. Drill hole data, dimana berisi data posisi/koordinat lubang bor berupa Northing, Easting, dan elevasi.
- b. Data kadar yang berisi informasi mengenai kadar pada tiap-tiap interval kedalaman tertentu sesuai assay atau analisis kadar yang dilakukan. Tipe batuan pada interval yang sama (dari log bor).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode geostatistik. Data utama berupa data pemboran eksplorasi yang mencakup koordinat, ketebalan seam, dan parameter kualitas batubara. Tahapan penelitian meliputi:

- a. Analisis statistik deskriptif data kualitas batubara.
- b. Penyusunan variogram eksperimental.
- c. Fitting variogram model spherical.
- d. Estimasi sumberdaya menggunakan metode block kriging.

Studi dalam variogram penting untuk menganalisis data spasial yang menunjukkan perilaku berbeda di berbagai arah. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan memodelkan sifat anisotropi dalam data spasial, yang melibatkan langkah-langkah berikut:

- a. Memahami Anisotropi: Anisotropi terjadi ketika kontinuitas spasial dari variabel yang ter regionalisasi bervariasi tergantung pada arah [8]. Arah utama kontinuitas (mayor, minor, dan tersier) harus diidentifikasi karena ini berperan penting dalam pemodelan variogram.

- b. Penentuan Arah Utama: Berbagai metode seperti inspeksi visual data geologi, bola variogram dan variogram map digunakan untuk menentukan arah utama anisotropi. Setiap metode ini membantu dalam memvisualisasikan dan menghitung variogram arah dengan lebih akurat.
- c. Perhitungan Variogram Eksperimental: Setelah arah utama ditentukan, variogram eksperimental dihitung di setiap arah. Faktor-faktor seperti kualitas data, konteks geologi, dan parameter toleransi (misalnya, jarak lag dan toleransi sudut) mempengaruhi akurasi variogram ini.
- d. Pemodelan Variogram: Model linier regionalisasi digunakan untuk membuat model variogram anisotropi. Anisotropi diperkenalkan melalui penskalaan jarak spesifik arah dalam arah utama, berdasarkan interpretasi geologi. Model ini memungkinkan estimasi hubungan spasial yang akurat di berbagai arah.

Dalam pembuatan variogram eksperimental menggunakan persamaan (1) :

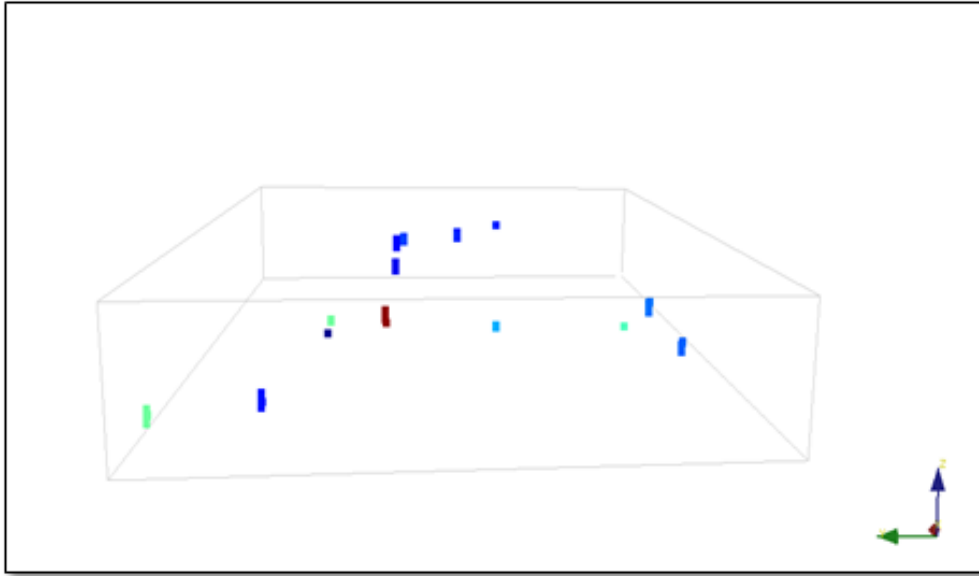
$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- $\gamma(h)$: fungsi variogram
- $n(h)$: jumlah pasangan data
- $Z(x_i)$: nilai kadar pada lokasi (x_i)
- $Z(x_{(i+h)})$: nilai kadar pada lokasi ($x_{(i+h)}$)
- h : jarak antar dua titik

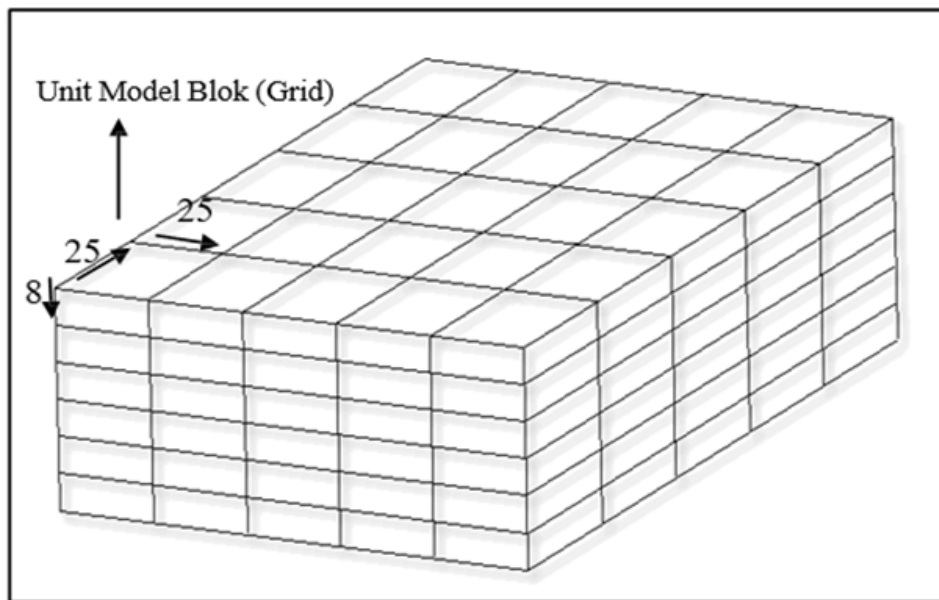
Nilai variogram dihitung pada interval jarak tertentu yang disebut sebagai lag. Hasil plotting nilai tersebut membentuk eksperimental variogram yang kemudian di fitting sesuai dengan model variogram teoritis untuk menentukan nilai range, sill dan nugget.

Dalam hal ini digunakan metode geostatistik berupa kriging blok dengan memperhatikan distribusi data di sekitarnya yang saling berhubungan dengan radius tertentu yang diperoleh dari hasil analisis secara variogram. Variogram yang dibuat untuk mendapatkan parameter kriging pada penelitian ini adalah variogram tiga dimensi, karena memperhatikan aspek ruang secara spasial ke arah x, y, dan z.



Gambar 1. Frame model Blok 3 (tiga) dimensi.

Kriging akan mengestimasi setiap nilai kadar pada masing-masing unit model blok (grid) berdasarkan data-data yang ada yaitu data-data pada lubang bor yang sudah dikomposit, sehingga tiap grid akan memiliki satu nilai estimasi. Pemodelan variogram dan estimasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SGeMS versi 2.1. Parameter lag yang digunakan sebesar 80 m dengan toleransi 40 m. Dimensi blok ditetapkan $25 \times 25 \times 8$ m. Densitas batubara yang digunakan adalah $1,3 \text{ ton/m}^3$.



Gambar 2. Sistem model blok estimasi sumberdaya.

Kriging akan mengestimasi setiap nilai kadar pada masing-masing unit model blok (grid) berdasarkan data-data yang ada yaitu data-data pada lubang bor yang sudah dikomposit, sehingga tiap grid akan memiliki satu nilai estimasi.

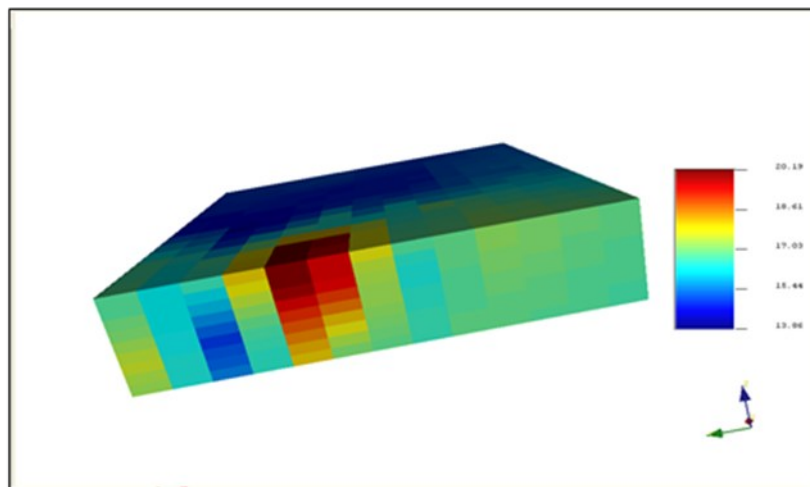
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis Variogram

Hasil pemodelan variogram menunjukkan bahwa seluruh parameter kualitas batubara memiliki nugget effect 0% yang tergolong low nugget effect. Hal ini mengindikasikan kontinuitas spasial yang baik. Nilai range horizontal berkisar antara 180–1296 m, sedangkan arah vertikal berkisar 125–370 m.

Pada gambar di bawah ini menunjukkan model blok dengan ukuran 25 x 25 x 8 m, hasil estimasi kadar TM sebelum di koreksi:



Gambar 3. Model blok 25 x 25 x8 m estimasi kadar TM pada batubara dengan kriging yang belum dikoreksi terhadap batas topografi dan *bottom borehole*.

Estimasi Sumberdaya

Estimasi dilakukan menggunakan metode kriging blok dengan jumlah blok high grade sebanyak 26 blok dan low grade 13 blok. Volume satu blok adalah 5.000 m³. Perhitungan sumberdaya dilakukan berdasarkan hasil estimasi kadar pada batubara dengan metode kriging blok 3 (tiga) dimensi. Pemodelan sumberdaya dilakukan berdasarkan pada kerangka pemodelan blok. Dengan dimensi tiap blok disesuaikan dengan dimensi penambangan. Prinsip perhitungan volume adalah sebagai berikut:

a. Kalori

$$\begin{aligned}
 \text{Tonnase high grade kalori} &= \text{Vol.satu blok} \times \text{Jumlah Blok} \times \text{densitas (p)} \\
 &= \sum_{i=1}^n x_i, y_i, z_i \times \text{Jumlah blok} \times \text{densitas (p)} \\
 &= (25 \times 25 \times 8) \text{ m}^3 \times 26 \text{ blok} \times 1,3 \text{ (ton/ m}^3\text{)} \\
 &= 169.000 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tonnase low grade kalori} = \text{Vol.satu blok} \times \text{Jumlah Blok} \times \text{densitas (p)}$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{i=1}^n x_i, y_i, z_i \times \text{Jumlah blok} \times \text{densitas } (\rho) \\ &= (25 \times 25 \times 8) \text{ m}^3 \times 13 \text{ blok} \times 1,3 \text{ (ton/ m}^3\text{)} \\ &= 84.500 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tonnase total kalori} &= \text{Tonase High Grade} + \text{Tonase Low Grade} \\ &= 169.000 \text{ Ton} + 84.500 \text{ Ton} \\ &= 253.500 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh:

- 1) High grade: 169.000 ton
- 2) Low grade: 84.500 ton
- 3) Total sumberdaya: 253.500 ton

Hasil ini menunjukkan bahwa metode kriging mampu memberikan estimasi yang realistis dan representatif terhadap kondisi geologi setempat.

Pembahasan

Hasil estimasi sumberdaya menunjukkan bahwa penerapan metode kriging blok mampu menghasilkan estimasi yang realistis dan representatif terhadap kondisi geologi setempat. Hal ini didukung oleh hasil analisis variogram yang menunjukkan nugget effect rendah dan range yang relatif panjang, menandakan keterkaitan spasial yang kuat antar data bor. Kondisi ini merupakan prasyarat utama agar metode kriging dapat bekerja secara optimal.

Ukuran blok $25 \times 25 \times 8$ m dinilai cukup ideal karena mampu menyeimbangkan antara resolusi spasial dan ketersediaan data. Blok yang terlalu kecil berpotensi meningkatkan ketidakpastian estimasi, sedangkan blok yang terlalu besar dapat mengaburkan variasi kualitas batubara. Oleh karena itu, pemilihan ukuran blok dalam penelitian ini mendukung keandalan hasil estimasi sumberdaya.

Dari hasil perhitungan variogram dalam batubara dapat diketahui karakteristik sebagai berikut:

- a. Persentase nugget effect untuk kadar TM, IM, ASH, VM, FC dan CV sebesar : 0% (low nugget effect).
- b. Range (a) untuk kadar TM, IM, ASH, VM, FC dan CV sebesar 260 m, 400 m, 180 m, 290 m, 1296 m, 324 m
- c. Range (a) untuk kadar TM, IM, ASH, VM, FC dan CV untuk arah vertikal sebesar,

Karakteristik spasial data menunjukkan kontinuitas yang baik dengan nilai nugget effect 0%. Sumberdaya batubara di PT. Inti Bara Perdana di Bengkulu seluas 100 Ha dengan kadar TM 19 %, IM 10 %, ASH 10,15 %, VM 35 %, FC 45,4 %, dan CV /kal 6277 %, sampai elevasi 230 mdpl sumberdayanya sebesar 253.500 Ton untuk (Mean Seam).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa metode kriging tidak hanya efektif dalam mengestimasi distribusi kualitas batubara, tetapi juga mampu memberikan dasar yang kuat dalam perhitungan sumberdaya. Estimasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan awal dalam perencanaan penambangan dan evaluasi ekonomi, dengan catatan bahwa koreksi lebih lanjut terhadap batas topografi dan data bor maksimum perlu dilakukan untuk memperoleh estimasi sumberdaya yang lebih akurat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode kriging efektif dalam mengestimasi sumberdaya batubara di PT. Inti Bara Perdana. Variogram merupakan alat penting dalam menganalisis distribusi spasial data geologi dan menentukan jarak pengeboran optimal untuk eksplorasi sumber daya. Analisis variogram omnidirectional memberikan gambaran umum penyebaran data, sementara variogram directional menunjukkan adanya anisotropi dengan range terbesar pada arah strike sebesar 230 meter dan 150 meter pada arah dip. Nilai nugget effect sebesar 0% yang mengindikasikan kontinuitas spasial yang baik. Nilai range yang diperoleh bervariasi antara 180–1296 meter tergantung parameter kualitas batubara. Estimasi sumberdaya dilakukan dengan metode block kriging menggunakan dimensi blok $25 \times 25 \times 8$ meter dan densitas batubara $1,3 \text{ ton/m}^3$. Total sumberdaya batubara hingga elevasi 230 mdpl diperoleh sebesar 253.500 ton. Hasil ini membuktikan bahwa metode kriging mampu memberikan estimasi sumberdaya yang andal dan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan tambang.

Disarankan agar perusahaan melakukan pemodelan sumberdaya secara berkala menggunakan pendekatan geostatistik untuk meningkatkan akurasi perencanaan tambang. Penelitian lanjutan dapat mengintegrasikan analisis ketidakpastian dan optimasi pit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Inti Bara Perdana atas izin penggunaan data serta pihak universitas yang telah memberikan dukungan akademik.

DAFTAR REFERENSI

- Anggara, B., Marwanza, I., & Azizi, M. A. (2021). Penentuan model variogram berdasarkan root mean square error di PT X, Sulawesi Utara. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 4(1), 11–21.
- Anggraini, O. P., Heriawan, M. N., & Hede, A. N. H. (2018). Perbandingan antara model blok 3D dengan ordinary kriging dan model 2D dengan polygonal untuk estimasi sumber daya timah aluvial di Pulau Bangka. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 325–336.
- Atalay, F. (2023). Comparison of conditioned radial basis function approach and kriging: Estimation of calorific value in a coal field. *Scientific Mining Journal*, 62(2), 93–98.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 5015:2019 tentang pedoman pelaporan hasil eksplorasi, sumber daya, dan cadangan batubara*. Badan Standardisasi Nasional.
- Lindi, O. T., Aladejare, A. E., Ozoji, T. M., & Ranta, J. (2024). Uncertainty quantification in mineral resource estimation. *Natural Resources Research*, 33(6), 2503–2526. <https://doi.org/10.1007/s11053-024-10394-6>
- Marwanza, I. (2023). Pendekatan geologi dan geostatistik dalam klasifikasi dan estimasi endapan batubara. Diva Pustaka.
- Ode Safarudin, L., & Kumalasari, R. (2024). Estimasi cadangan nikel laterit menggunakan metode inverse distance weight dan kriging di Blok X pada PT Tambang Bumi Sulawesi, Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. *Mining Science and Technology Journal*, 3(1), 39–50.
- Ramadhan, M. D., Marwanza, I., Nas, C., Azizi, M. A., Dahani, W., & Kurniawati, R. (2021). Drill holes spacing analysis for estimation and classification of coal resources based on variogram and kriging. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 819(1), Article 012021.
- Sarita, R., Lepong, P., & Asmaidi. (2024). Analisis interpolasi inverse distance weighted (IDW) dan ordinary kriging (OK) untuk estimasi volume batubara di Area Sebuku, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 7(1).
- Simbolon, S. D. Y., Rizka, Prasetyo, N., & Hidayat, N. (2025). Identifikasi lapisan batu bara dan estimasi sumber daya batu bara menggunakan data geolistrik 2D di Lapangan DS. *KURVATEK*, 10(2), 207–216. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v10i2.6251>

- Wahyuni, S., Supriyanto, & Djayus. (2019). Estimasi sebaran kualitas batubara (ash content) menggunakan metode inverse distance weighted (IDW) dan ordinary kriging (OK) di PT Kayan Putra Utama Coal Site Separi, Kalimantan Timur. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 2(1), 1–6.
- Wulandari, V., Hakim, R. N., & Fikri, H. N. (2020). Analisis variography pada estimasi ordinary kriging endapan batubara di Kecamatan Murung Pudak, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Geomine*, 8(2), 114–120.
- Yulanda, Y. A., Arafat, R., & Rahmi, H. (2025). Analisis korelasi geospasial data titik bor berdasarkan metode geostatistik variogram. *Jurnal Pertambangan*, 9(1), 1–9.
- Yulanda, Y. A., Hakim, M. E., & Arafat, R. (2022). Analisis variasi penaksiran sumber daya batubara menggunakan metode inverse distance weight dan ordinary kriging. *Jurnal Pertambangan*, 6(2), 71–76.
- Zhang, J., & Liu, G. (2024). Research on a coal seam modeling construction method based on improved kriging interpolation. *Scientific Reports*, 14, Article 12345.