

Variasi Blok Model pada Pemodelan Seam Batubara

Model Block Variations In Coal Seam Modelling

Hafidz Noor Fikri^{1*}, Nurhakim², Resti Fauzi³, Yuniar Siska Novianti⁴, Eko Santoso⁵, Karina Shella Putri⁶
¹⁻⁶Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Corr.Author: ^{1*}hafidz@ulm.ac.id

ABSTRAK

Penerapan model blok dengan geostatistik pada pertambangan batubara semakin banyak digunakan karena dianggap mampu merespon dengan baik penentuan dan perhitungan sumberdaya batubara secara detail. Ukuran model blok yang sesuai sangat penting pada saat SMU diproses. Selain itu, ukuran model blok berpengaruh terhadap hasil estimasi. Penelitian ini mengevaluasi tiga variasi ukuran model blok endapan batubara dengan menggunakan nilai kemiringan regresi dan efisiensi kriging. Variasi ukuran blok ini ditentukan sebesar $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, dan 1 kali dari jarak rata-rata lubang bor. Data yang digunakan adalah dua lapisan batubara yang berbeda di provinsi Kalimantan Tengah dengan jumlah lubang bor sebanyak 12 dan 15 lubang bor. Nilai kemiringan bias bersyarat dan efisiensi kriging pada setiap ukuran blok model yang diolah, mampu memberikan jawaban mengenai penentuan ukuran blok model yang ideal berdasarkan data yang ada.

Kata-kata kunci: Endapan batubara; Ordinary Kriging; Bias kemiringan bersyarat; Efisiensi kriging

ABSTRACT

The application of block models with applied geostatistics in coal mining is increasingly utilized because it can respond to detailed calculations of coal resources. An appropriate block model size is critical when SMU is processed. In addition, a block model size affects the estimation results. This study evaluated three coal block model sizes using regression slope and kriging efficiency values. This block size variation is determined by $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, and one times the average distance of the drill hole. The data were from two coal seams in Central Borneo with 12 and 15 drill holes. The value of the conditional bias slope and the kriging efficiency on each processed model block size can answer the ideal model block size determination based on existing data.

Keywords: Coal deposit; Ordinary kriging; Conditional bias slope; Kriging efficiency

Submitted: 27-05-2023; Revised: 01-06-2024; Accepted: 13-06-2024; Available Online: 13-06-2024

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2024, Geosapta

PENDAHULUAN

Selective atau *Smallest Mining Unit* (SMU) sebagai panduan pada proses penambangan diharapkan sesuai dengan ukuran model blok pada saat permodelan endapan, sehingga bisa mempermudah pada saat penentuan nilai produksi kegiatan penambangan [1,2,3]. Penggunaan geostatistik ataupun pendekatan estimasi-simulasi lainnya pada tahapan permodelan sebaiknya selalu digunakan untuk membantu prosesnya, atau paling tidak terdapat satu proses estimasi [4,5,6]. Tantangan pada endapan batubara untuk proses penambangan saat ini adalah penentuan sumberdaya batubara menggunakan blok model dengan data bor yang relatif sedikit. Proses penentuan blok model pada endapan batubara mengandalkan *rule of thumbs* yaitu setengah dari jarak rata-rata lubang bor data yang dipakai. Pada endapan batubara, tulisan geostatistik secara umum dipergunakan untuk [6,7,8]: 1. Fokus pada estimasi kualitas batubara; 2. Gambaran tentang pemodelan geometri deposit suatu endapan batubara; 3. Fokus pada penilaian sumberdaya; 4. Penulisan yang fokus pada klasifikasi sumberdaya. Fokus pada tulisan ini adalah penggunaan menggunakan *conditional bias slope* (CBS) dan *kriging efficiency* (KE) hasil dari estimasi *ordinary kriging* blok model untuk mengetahui ukuran blok model yang baik untuk endapan tersebut.

METODOLOGI

Metode geostatistik *ordinary kriging* (blok) merupakan metode geostatistik yang paling umum digunakan karena kemudahannya dalam penerapan di estimasi deposit. Metode ini mulai digunakan dan menjadi salah satu komponen pada saat penentuan cadangan suatu deposit. Pembahasan pada paper ini berfokus kepada penentuan ukuran blok yang diharapkan sesuai berdasarkan data lubang bor dalam penentuan sumberdaya batubara agar nilainya memiliki kepercayaan yang baik. Nilai blok yang digunakan adalah $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ dan 1 kali dari *jarak rata-rata lubang bor* yang ada. Evaluasi menggunakan nilai CBS dan nilai KE diharapkan bisa memberikan pertimbangan dalam penentuan ukuran blok yang sesuai. Penentuan *conditional bias slope* menggunakan rumus [9]:

$$\text{Conditional bias slope (CBS)} = \frac{(BV - KV + |\mu|)}{(BV - KV + |2\mu|)} \quad (1)$$

Dimana: BV = Block variance; KV = Kriging variance;
 μ = Lagrange multiplier

Kemudian penentuan nilai *kriging efficiency* adalah dengan cara:

$$\text{Kriging efficiency (KE)} = \frac{(BV - KV)}{BV} \quad (2)$$

Dimana: BV = Block variance; KV = Kriging variance

Kemudian, varians blok dan varians kriging ditentukan oleh:

$Block\ variance =$

$$Total\ sill\ on\ semivariogram\ model - \bar{\gamma}(A, A) \quad (3)$$

$$Kriging\ variance = \sum w_i \cdot \bar{\gamma}(S_i, A) + \mu - \bar{\gamma}(A, A) \quad (4)$$

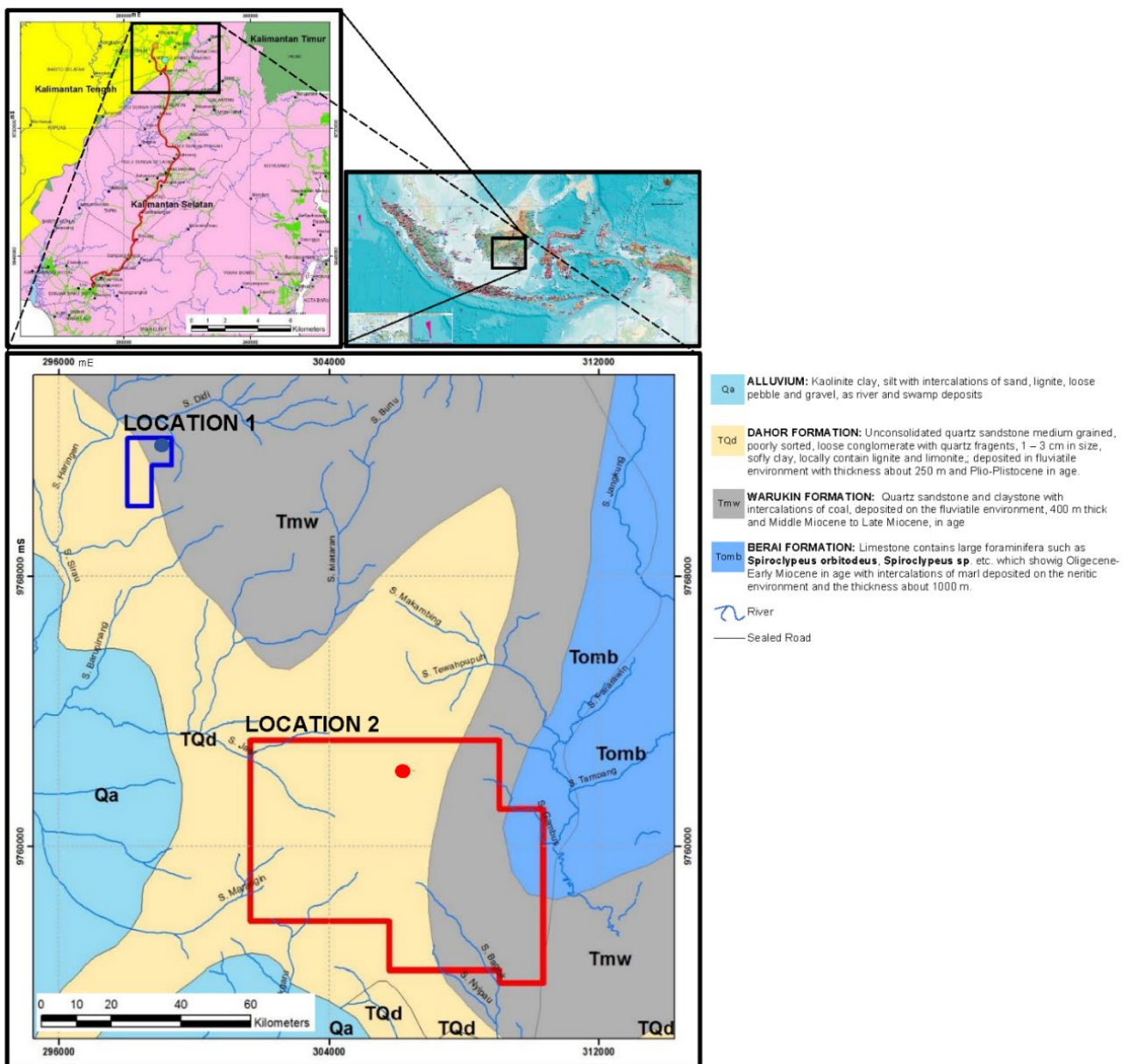
Total sill pada semi-variogram diambil untuk menjadi estimasi terbaik untuk variansi dispersi dari sampel tunggal dalam wilayah studi. $\bar{\gamma}(A, A)$ mewakili semi-variogram rata-rata dalam blok juga dikenal sebagai “dalam varian blok”. $\bar{\gamma}(S_i, A)$ adalah semi-variogram antara setiap sampel dan blok yang diestimasi dan mewakili bobot yang diberikan pada sampel tersebut.

Saat estimasi deposit, penggunaan CBS dan KE ini merupakan hal yang biasa digunakan oleh banyak penulis pada endapan mineral [10]. CBS dan KE digunakan dengan menggunakan dua endapan batubara yang secara geologi regional berbeda daerahnya namun relatif berdekatan dan berada di pulau Kalimantan (Gambar-1).

HASIL DAN DISKUSI

Kondisi geologi dan data dasar

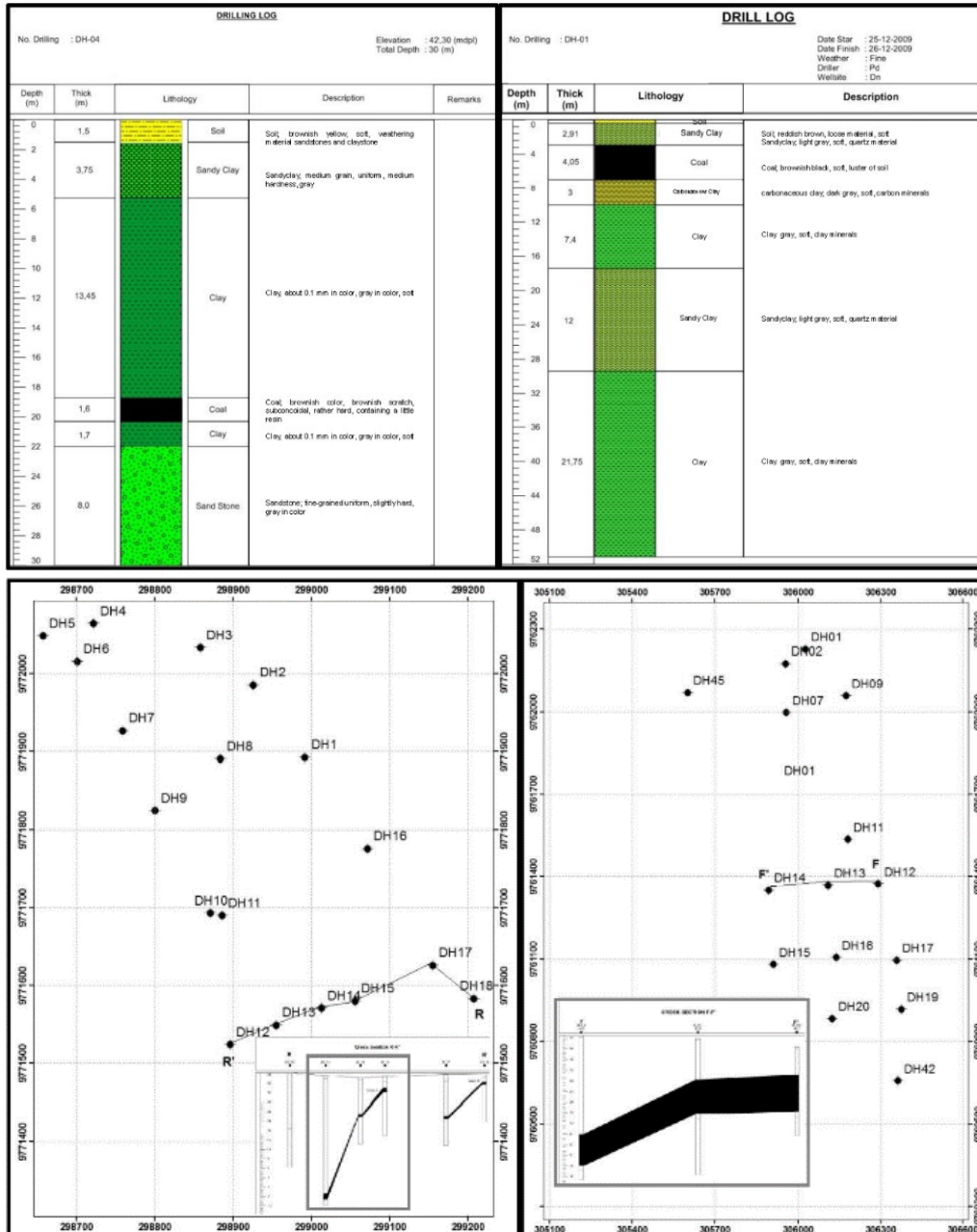
Topografi daerah penelitian terdiri dari beberapa perbukitan bergelombang lemah yang tidak beraturan. Daerah tertinggi mempunyai ketinggian puncak ± 80 meter dan daerah terendah merupakan daerah lembah dengan ketinggian ± 40 meter di atas permukaan air laut. Morfologi daerah penelitian berupa dataran, perbukitan bergelombang lemah hingga kuat dengan vegetasi berupa perkebunan karet masyarakat, belukar bekas ladang berpindah dan terdapat beberapa pepohonan yang berukuran besar. Satuan morfologi di tempat ini merupakan bagian utara dari Cekungan Barito. Secara umum, tidak terdapat struktur geologi yang menonjol di daerah penelitian berdasarkan data geologi dari peta geologi regional Lembar Amuntai [11] dan Lembar Banjarmasin [12].



Gambar-1. Kondisi geologi permukaan, stratigrafi, dan lapisan batubara di daerah penelitian, Barito Basin. Yang berwarna biru merupakan lokasi 1 titik bor berada pada formasi Warukin, dan yang berwarna merah merupakan lokasi 2 dimana titik bornya berada pada formasi Dahor. [11,12,13].

Lapisan batubara pada lokasi penelitian dengan penampang tipikal bisa dilihat pada gambar-2. Perlapisan batubara pada endapan di kedua lokasi biasanya didominasi oleh lapisan claystone serta sedikit lapisan sandstone. Pada lokasi 1, secara umum lapisan batubara memiliki arah N 170°E/23°, sedangkan pada lokasi 2 memiliki arah perlapisan relatif sama secara umum pada N 175°E/ 8°. Hal ini menunjukkan perlakuan struktur yang mirip di kedua lokasi tersebut. Lokasi penelitian 1 memiliki 2 seam

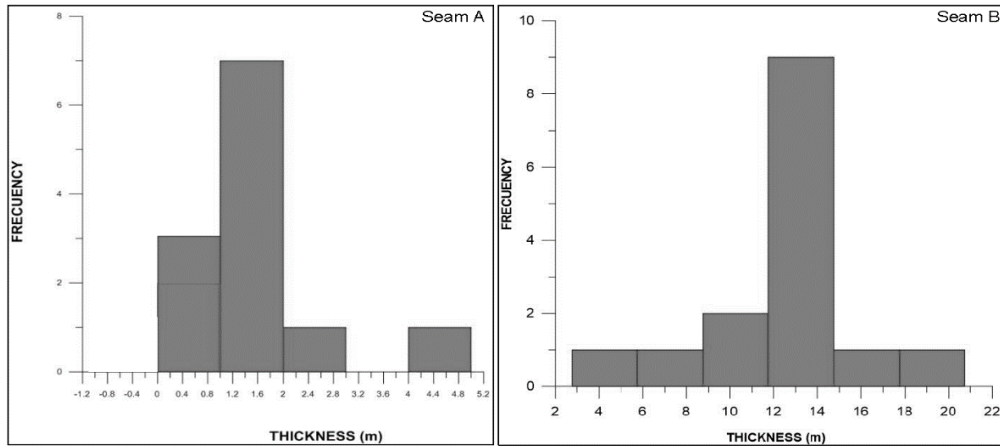
batubara namun yang dipergunakan hanya seam A yang memiliki 12 data (Tabel-1), sedangkan *seam* lainnya tidak dipergunakan karena data yang dimiliki sedikit. Pada lokasi penelitian 2 seam yang digunakan adalah seam B yang memiliki data sebanyak 15 (Tabel-1). Data yang digunakan adalah ketebalan lapisan batubara yang didapatkan dari pemboran dengan metode *touch coring*.



Gambar-2. Tipikal seam batubara di daerah penelitian

Tabel-1. Parameter statistik ketebalan seam setiap lokasi

Statistics Parameter of Thickness	Seam A	Seam B
Number of values	12	15
Minimum	0.70	4.05
Maximum	4.60	18.90
Mean	1.59	12.43
Median	1.70	12.90
First quartile	0.90	11.41
Third quartile	1.85	13.88
Variance	1.38	11.47
Standard deviation	1.17	3.39



Gambar-3. Histogram data ketebalan seam. Di sebelah kiri merupakan histogram dari Lokasi 1 – Seam A dan yang di sebelah kanan merupakan histogram dari Lokasi 2 – Seam B

Statistik data dan variogram

Secara statistik nilai ketebalan di kedua lokasi penelitian ini bisa dilihat pada Tabel-1, dengan ketebalan rata-rata pada seam A sebesar 1.59 m dan di seam B 12.43 m, memperlihatkan bahwa pada Seam A ketebalan relatif tipis dan di seam B estimasi yang dilakukan pada ketebalan batubara yang relatif tebal. Nilai *standard deviation* seam A terlihat lebih kecil daripada seam B, nilai ini memperlihatkan perubahan ketebalan pada seam B relatif lebih besar. Histogram lapisan bisa dilihat pada gambar-3, terlihat distribusi data cukup baik dengan nilai yang terdistribusi normal.

Model variogram

Model variogram dibuat secara *omni-directional* secara 2 dimensi dengan nilai *lag tolerance* sebesar 100 menyesuaikan dengan jarak rata-rata lubang bor. Hasil variogram model bisa dilihat pada gambar 4, menggunakan model *spherical* dengan *nugget*, variogram model di kedua endapan ini menunjukkan bentuk yang mirip pada perilaku di titik-titik awal walaupun nilai *nugget*, *sill*, dan *range*-nya berbeda jauh.

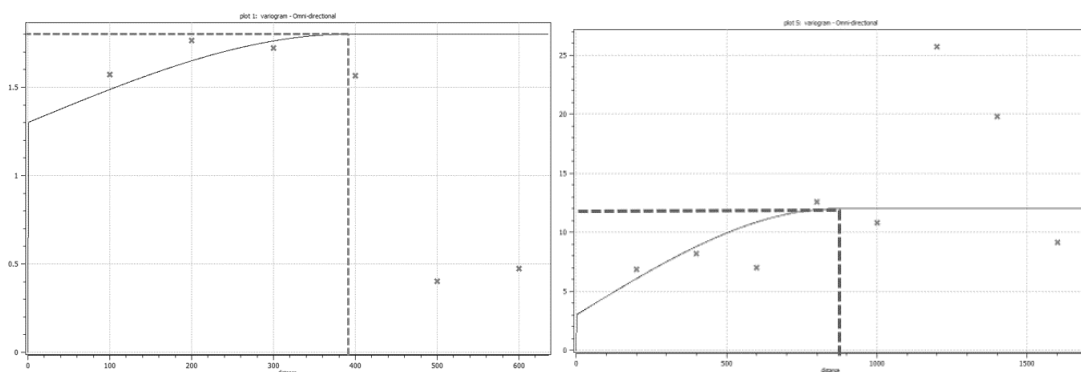
Analisis model blok

Model blok dibuat berdasarkan batas model *roof* dan *floor* dari lapisan batubara. Model blok dibuat menggunakan *included area* dengan *regular block grid*. Seam A dilakukan dengan empat ukuran blok yang berbeda

yaitu 25×25, 50×50, 75×75, dan 100×100 sedangkan pada Seam B juga menggunakan empat ukuran blok yang berbeda yaitu 50×50, 100×100, 150×150, dan 200×200. Hasil estimasi serta nilai varians estimasi bisa dilihat pada Gambar-5 dan Gambar-6. Menggunakan asumsi nilai densitas batubara 1.3 ton/m³ nilai sumberdaya yang dihasilkan pada setiap nilai blok bisa dilihat pada Tabel-2.

Tabel-2 memperlihatkan bahwa perbedaan sumberdaya tidaklah terlalu besar pada ukuran blok yang berbeda-beda. Jumlah blok yang di estimasi semakin sedikit ketika ukuran blok menjadi lebih besar. Perubahan sumberdaya yang diperoleh terbesar ketika ukuran menjadi 2 kali lipat dikisaran angka 10%. Hal ini berlaku sama pada kedua lokasi penelitian. Hanya saja pada lokasi penelitian 2 pada ukuran 100×100 nilai sumberdaya memiliki nilai yang jauh lebih kecil dibandingkan *trend data* yang ada.

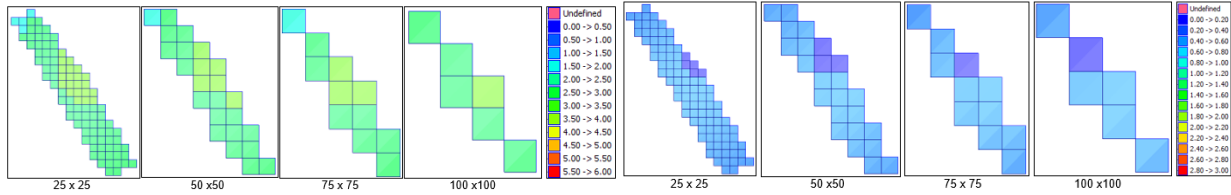
Nilai estimasi terlihat semakin kecil ketika nilai blok menjadi besar demikian pula dengan nilai varians yang dihasilkannya (Gambar-5). Distribusi ketebalan di dua lokasi penelitian ini cenderung menebal ke arah *strike* lapisan dan ke arah *down dip* lapisan. Nilai variansi di seam A secara relatif terdistribusi rata ke segala arah, pada blok tertentu di arah up dip nilainya lebih kecil dari lokasi lain. Seam B (Gambar-6) menghasilkan nilai varians yang terdistribusi tidak teratur, di arah NW (Barat Laut) dan pada arah SE (Tenggara) variansi-nya bervariasi tinggi, sedangkan di tengah lapisan relatif rendah.



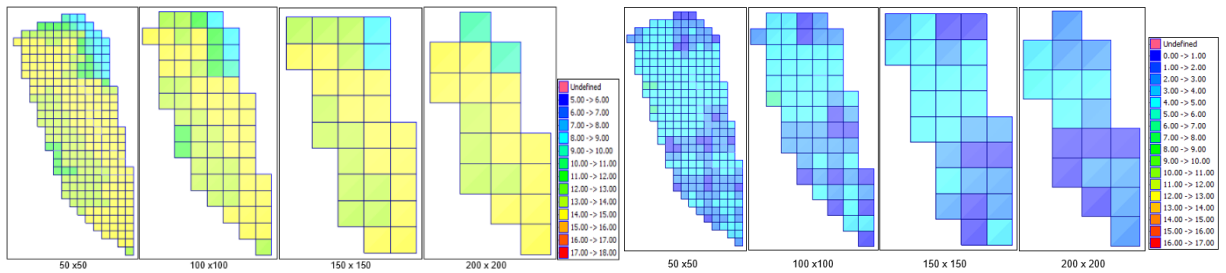
Gambar-4. Model variogram data ketebalan. (A) seam A variogram adalah $\gamma(h) = 1.3 \text{ Nug}(h) + 0.5 \text{ Sph}(h/392)$ dan (B) adalah seam B dengan variogram adalah $\gamma(h) = 3 \text{ Nug}(h) + 9.0 \text{ Sph}(h/864)$

Tabel-2. Nilai sumberdaya batubara berdasarkan ukuran blok masing-masing

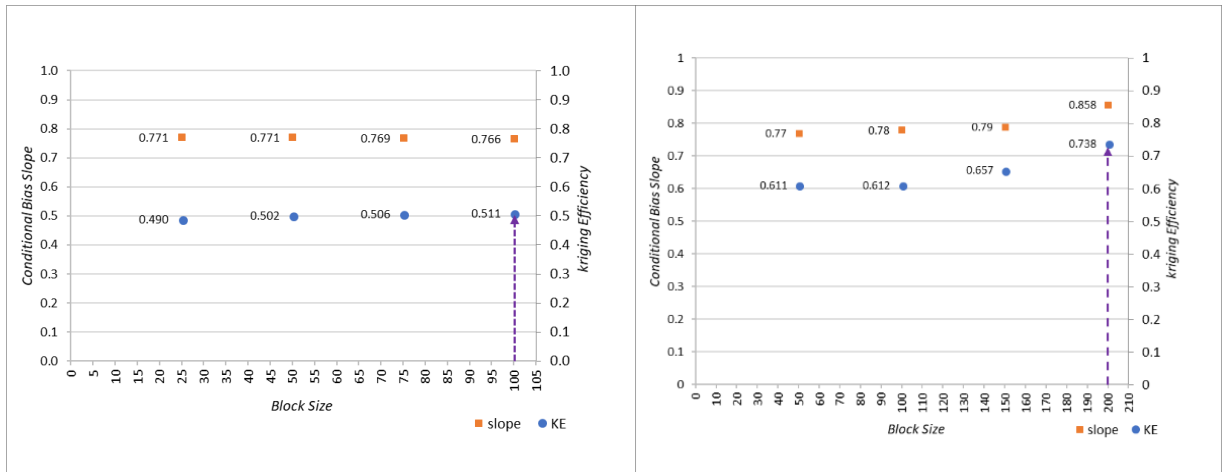
<i>Seam A</i>	25 × 25	50 × 50	75 × 75	100 × 100
Resources (ton)	197,925	201,361	208,067	218,660
	100%	102%	105%	110%
<i>Seam B</i>	50 × 50	100 × 100	150 × 150	200 × 200
Resources (ton)	10,771,792	10,144,727	11,199,881	12,189,320
	100%	94.2%	104%	113%



Gambar-5. Distribusi ketebalan batubara (kanan) dan hasil varians (kiri) pada Lokasi 1 – seam A



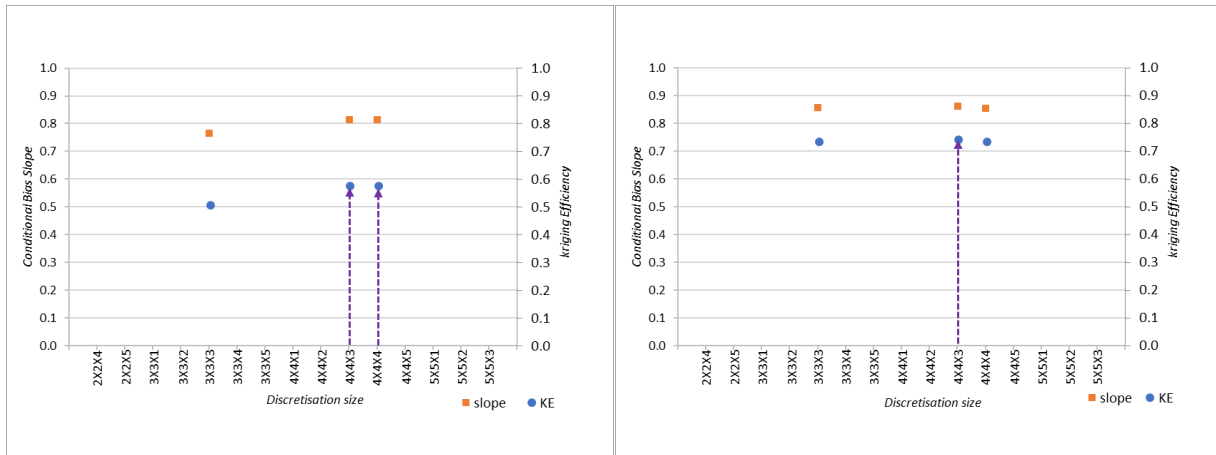
Gambar-6. Distribusi ketebalan batubara (kanan) dan hasil varians (kiri) pada Lokasi 2 – seam B



Gambar-7. Conditional bias slope dan efisiensi kriging vs ukuran blok. Kiri adalah hasil dari Lokasi 1 – seam A dan kanan adalah hasil dari Lokasi 2 – seam B.

CBS, yang merangkul tingkat *over-smoothing* nilai tinggi dan rendah. Nilai *slope regression* diperoleh dari hasil silang antara *true thickness* dengan *estimate thickness* atau dikenal *cross validation*. Nilai KE sendiri bertujuan untuk mengukur keefektifan estimasi *kriged* untuk reproduksi nilai blok secara akurat dimana semakin mendekati 1 (satu) nilainya maka akan dianggap semakin baik estimasinya. Di sisi lain analisis ini menggunakan dua parameter tersebut dengan melihat perbedaan nilai yang paling kecil maka dianggap blok tersebut yang paling baik ukurannya pada saat dilakukan estimasi. Pada seam A ukuran blok yang baik adalah 100×100 dan seam B berukuran 200×200 (Gambar-7).

Kebiasaannya ukuran *discretisation* yang besar akan menghasilkan nilai yang KE dan CBS yang baik pula [14]. Pada kedua lokasi penelitian ini variasi *discretisation* tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai KE dan CBS. Hal ini menunjukkan bahwa *discretisation* yang dilakukan telah cukup pada kisaran nilai 4×4×3 pada ukuran blok tersebut (Gambar-8). Hal ini mempertegas ukuran blok yang cukup baik digunakan pada masing-masing seam pada lokasi penelitian.



Gambar-8. Conditional bias slope dan efisiensi kriging vs ukuran blok. Pada lokasi 1 – Seam A (kiri) ukuran blok yang digunakan adalah 100×100 dan pada lokasi 2 – Seam B (kanan) ukuran blok yang digunakan adalah 200×200.

KESIMPULAN DAN SARAN

Jumlah data yang sedikit masih bisa menghasilkan estimasi yang baik namun perlu menjadi pertimbangan adalah persebaran data secara spasial harusnya terdistribusi merata. Ukuran blok yang bervariasi menghasilkan nilai sumberdaya yang memiliki perubahan nilai mencapai 13%, sehingga penggunaan KE dan CBS bisa menjadi pertimbangan pada saat penentuan ukuran blok. Pada contoh kasus di kedua lokasi penelitian, ukuran blok sebesar jarak lubang bor menjadi pilihan yang paling baik. Penggunaan model blok yang bersifat *irregular* bisa juga dilakukan nantinya agar bisa mengakomodir model endapan menjadi lebih baik, serta pada saat melakukan *discretisation sizing* perlu juga dilakukan dinilai yang cukup lebar sehingga bisa terlihat angka diskrit yang cukup ideal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leuangthong, O., Neufeld, C., and Deutsch, C. V. Optimal selection of selective mining unit (SMU) size. University of Alberta, Alberta. 2003; 16pp.
- [2] Leuangthong, O., Lyster, S., Neufeld, C., & Deutsch, C. Optimal selection of selective mining unit size for geostatistical modeling. In International Mining Innovatin Conference (MININ). 2004; 12pp.
- [3] Assibey-Bonsu, W., Searra, J., & Aboagye, M. The use of indirect distributions of selective mining units for assessment of recoverable mineral resources designed for mine planning at Gold Fields' Tarkwa Mine, Ghana. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2015; 115(1), 51-57.
- [4] Sinclair, A.J. and G.H. Blackwell. Applied Mineral Inventory Estimation, Cambridge University Press, Cambridge. 2002; 323pages.
- [5] Isaaks E. The kriging oxymoron: a conditionally unbiased and accurate predictor, 2nd ed, Geostatistics Banff 2004. Springer, Dordrecht. 2005; 363–374pp.
- [6] Srivastava, M. Geostatistics: A toolkit for data analysis, spatial prediction and risk management in the coal industry, International Journal of Coal Geology. 2013; 112, 2–13pp.
- [7] Armstrong, M., A.D.S.Gillies, G.D.Just, G.D.Lyman, and Y.Y.Wu. Review of The Application of Geostatistics in The Coal Industry, in M.Armstrong (ed.), Geostatistics, Vol.2, Kluwer Academic Publishers. 1989; 995–1005pp.
- [8] Heriawan, M.N., J. Rivoirard, and Syafrizal. Resources estimation of a coal deposit using ordinary block kriging, Mine Planning and Equipment Selection 2004 Proceedings Of The Thirteenth International Symposium On Mine Planning And Equipment Selection, 2004; 37–43pp.
- [9] Krige, D.G. A Practical Analysis Of The Effects Of Spatial Structure and of Data Available And Accessed, On Conditional Biases In Ordinary Kriging, International Geostatistics Congress, 1996; pp.799–810.
- [10] Nowak, M and O. Leuangthong. Conditional Bias in Kriging: Let's Keep It, Geostatistics Valencia 2016, Quantitative Geology and Geostatistics. 2016; 19pp.303–318.
- [11] Heryanto R. And Sanyoto, P. Sistematic Geological Map of Indonesia Sheet: Amuntai 1713, Geological Research and Development Centre of Indonesia, 2007.
- [12] Sikumbang, N and Heryanto R. Sistematic Geological Map of Indonesia Sheet: Banjarmasin 1712, Geological Research and Development Centre of Indonesia, 1994.
- [13] Anonim, Indonesian Map (2024, January 16), <http://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>. 2024.
- [14] Vann, J., Jackson, S. and Bertoli O. Quantitative Kriging Neighbourhood Analysis for the Mining Geologist – A Description of the Method With Worked Case Examples, 5th International Mining Geology Conference, 2003; pp.215–223.