

SIMULASI PERUBAHAN MODEL VARIOGRAM UNTUK ESTIMASI MEMAKAI TEKNIK BLOCK KRIGING

Waterman Sulistyana Bargawa
Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi dan analisis model variogram guna evaluasi model yang paling baik berdasarkan hasil dari parameter regresi. Adapun orientasi model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu isotropi dan anisotropi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *ordinary kriging* (OK) tipe diskritisasi *block kriging* dengan simulasi model variogram *spherical*, *gaussian* dan *exponential*. Berdasarkan hasil penelitian, metode *ordinary kriging* (OK) model *spherical* anisotropi dengan tipe diskritisasi *block kriging* 2x2 memiliki nilai *regression coefficient* yaitu 1,056; nilai SE (*standard error*) kecil yaitu 0,112; nilai R^2 sebesar 0,414, nilai *Y-intercept* sebesar -0,010 dan nilai SE *prediction* sebesar 0,158. Berdasarkan semua parameter tersebut, metode OK model *spherical* anisotropi diskritisasi *block kriging* merupakan model yang cukup akurat pada data penelitian ini.

Kata Kunci: *block kriging*, *ordinary kriging*, *spherical*, *gaussian*, *exponential*, *anisotropy*, *isotropy*,

1. PENDAHULUAN

Geostatistika merupakan suatu ilmu dengan analisis statistik spasial, sehingga Matheron (1963) menamakan teknik estimasi ini sebagai kriging [1]. Teknik kriging merupakan kombinasi linier dari bobotnya [2], bersifat BLUE [3], dan sangat populer dalam estimasi kadar mineral [4-6]. Beberapa teknik estimasi telah dikembangkan untuk estimasi kadar mineral tersebut [7-8]. Teknik kriging blok (*block kriging*) pada beberapa kasus tambang logam memiliki akurasi lebih baik [9] dibandingkan dengan kriging titik (*point kriging*). Dasar penaksiran kadar tetap memakai teknik OK karena cukup akurat pada data dengan nilai CV (*coefficient of variation*) yang rendah [10]. Penelitian disini memakai teknik kriging blok dalam estimasi kadar mineral.

Tujuan penelitian ini membandingkan model-model variogram (*spherical*, *gaussian*, *exponential*) dengan model anisotropi dan isotropi memakai metode estimasi *ordinary block kriging* (BK). Model yang paling akurat didasarkan pada parameter hasil regresi linier.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Perhitungan semivariogram eksperimental terhadap beberapa model variogram dengan menggunakan bantuan software GS⁺.

2.1 Model Semivariogram Teoritis

(a) Model Spherical

Model *spherical* adalah model yang paling sering digunakan dalam variogram. Bentuk persamaan bakunya adalah sebagai berikut :

$$\gamma(h) \begin{cases} C \left(\frac{3|h|}{2a} - \frac{1|h|^3}{2a^3} \right) & |h| < a \\ C & |h| \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan: h adalah jarak tertentu dalam arah umum yang memisahkan dua titik sebarang dan a adalah *range* (berlaku untuk rumus-rumus

selanjutnya). Model ini berbentuk linear pada jarak kecil yang dekat dengan pusat, tetapi meluruskan untuk jarak yang besar, dan memberikan sill pada a [3].

(b) Model Eksponensial

Pada model eksponensial terjadi peningkatan dalam semivariogram yang sangat curam dan mencapai nilai sill secara asimtotik, dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = C \left(1 - e^{-\left(\frac{|h|}{a}\right)} \right) \quad (2)$$

Terdapat kemiripan dengan model *spherical*, model eksponensial berbentuk linear untuk semua jarak pendek yang dekat dengan pusatnya [3].

(c) Model Gaussian

Model Gauss merupakan bentuk kuadrat dari eksponensial sehingga menghasilkan bentuk parabolik pada jarak yang dekat. Rumus sebagai berikut :

$$\gamma(h) = (C_0 + C) \left[1 - \text{Exp}\left(-\frac{h^2}{a}\right) \right] \quad (3)$$

2.2 Isotropik dan Anisotropik

Jika semivariogram hanya tergantung pada jarak, dinamakan proses isotropik. Dinamika proses tidak tergantung pada arah. Proses memiliki pola sama ke semua arah.

Jika semivariogram merupakan fungsi dari arah dan jarak, dinamakan anisotropik. Anisotropik dibedakan atas anisotropik geometrik dan anisotropik zonal. Anisotropik geometrik memiliki *sill* sama tetapi *range* berlainan. Anisotropik zonal memiliki nilai *sill* tidak sama tetapi *range* sama [3].

2.3 Block Kriging

Metode ini adalah metode perhitungan estimasi nilai data di titik-titik dalam suatu blok berdasarkan set data di titik-titik s_i yang berada di sekitar blok. *Block kriging* cocok digunakan untuk menganalisis

data yang tidak memiliki kecenderungan tertentu dan data dengan rata-rata populasi tidak diketahui.

Sistem kriging blok sama dengan sistem kriging titik. Perbedaan hanya pada kovarian matrik D, dan kovariansi antara blok dengan titik [2]. Sistem kriging blok dapat ditulis sebagai berikut:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1n} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ C_{n1} & \cdots & C_{nn} & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{(n+1) \times (n+1)} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \\ \mu \end{bmatrix}}_{(n+1) \times 1} = \underbrace{\begin{bmatrix} C_{10} \\ \vdots \\ C_{n0} \\ 1 \end{bmatrix}}_{(n+1) \times 1}$$

Sedangkan variansi kriging dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\sigma^2_{OK} = C - \left[\sum (\lambda_i - C_{ij}) + \mu \right] \quad (4)$$

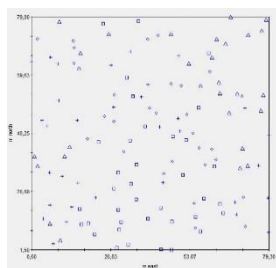
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik dilakukan terhadap data kadar Pb (timah hitam). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik data. Hasil disajikan pada tabel 1.

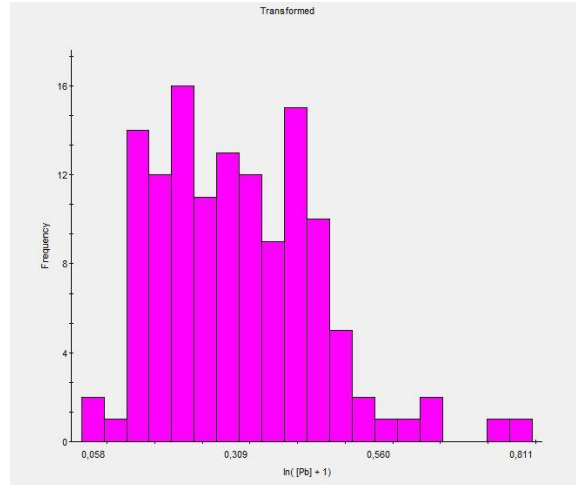
Tabel 1. Analisis Statistik Deskriptif Komposit Pb

Parameter	Komposit Pb
Minimum	0,06
Maksimum	1,25
Mean	0,3132
Variance	0,01961
Std. Dev	0,1400
Skewness	0,78
Kurtosis	0,83
Median	62



Gambar 1. Peta Sebaran Titik Bor Di Lokasi Penelitian

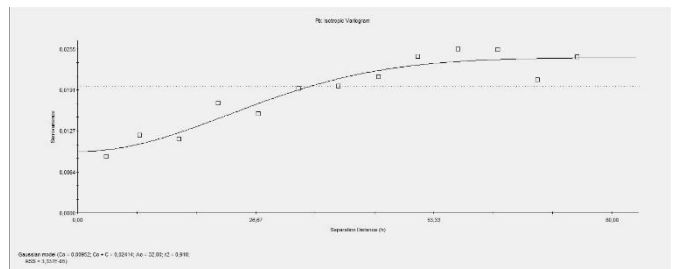
Gambar 1 dan 2 menunjukkan peta sebaran titik bor di lokasi penelitian, dan histogram data penelitian.



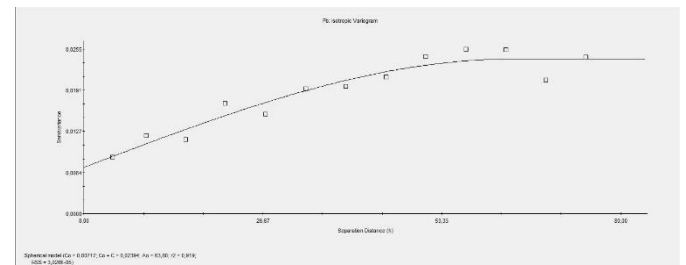
Gambar 2. Histogram Data Penelitian

3.2 Studi Variogram

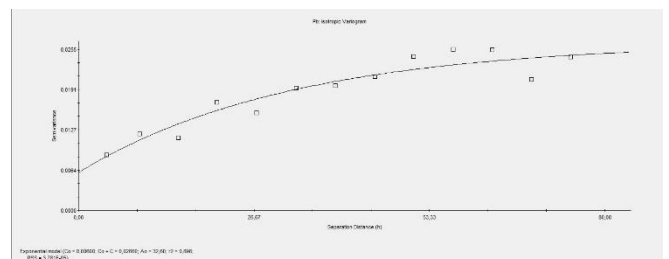
Pada penelitian ini menggunakan 3 (tiga) model variogram yaitu *spherical*, *exponential* dan *Gaussian*.



Gambar 3. Fitting Variogram Model Gaussian



Gambar 4. Fitting Variogram Model Spherical

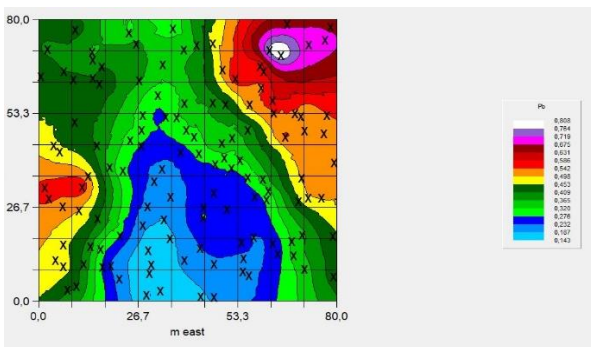


Gambar 5. Fitting Variogram Model Exponential

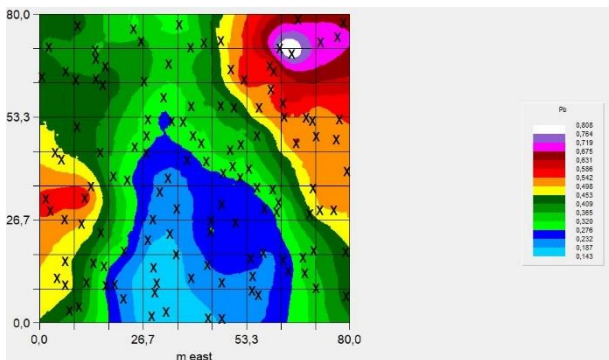
Tabel 2. Parameter Model Variogram

Parameter	Variogram Model	Variogram Model	Variogram Model
	<i>Gaussian</i>	<i>Spherical</i>	<i>Exponential</i>
<i>Nugget</i>	0,00952	0,00717	0,00600
<i>Sill</i>	0,02414	0,02394	0,02660
<i>Range</i>	32,00	63,80	32,60

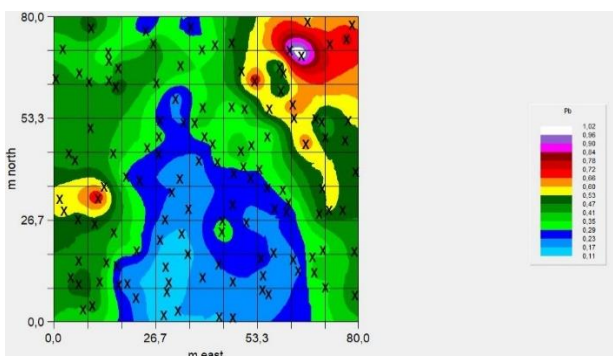
Gambar 3 menunjukkan hasil dari *fitting* variogram model *Gaussian*. Sedangkan Gambar 4 dan 5 adalah variogram model *spherical* dan *exponential*. Gambar 6-11 merupakan visualisasi distribusi kadar Pb dalam peta 2D yang dihasilkan oleh masing-masing model variogram dalam penaksiran memakai teknik kriging blok 2x2. Tanda silang pada gambar adalah letak lubang bor.



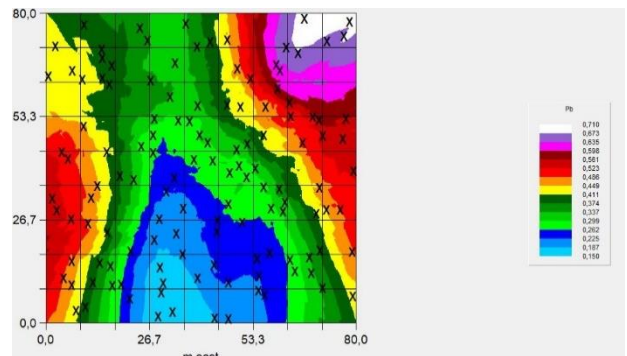
Gambar 6. Distribusi Kadar Pb dalam 2D Memakai Model *Gaussian* (Isotropis)



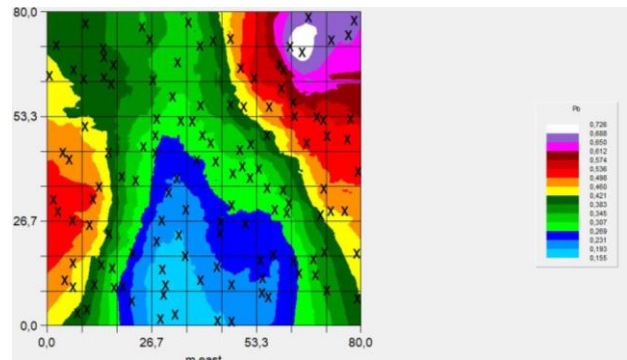
Gambar 7. Distribusi Kadar Pb dalam 2D Memakai Model *Spherical* (Isotropis)



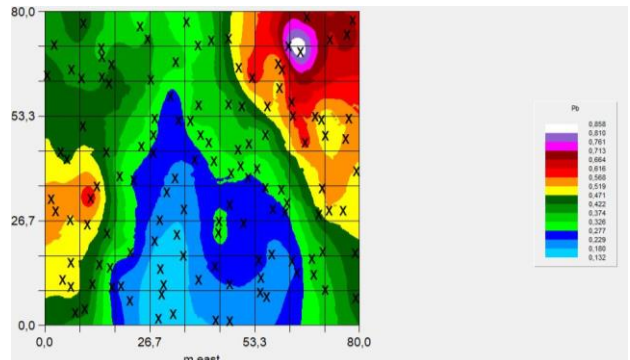
Gambar 8. Visualisasi Hasil Model *Eksponensial*



Gambar 9. Distribusi Kadar Pb dalam 2D Memakai Model *Gaussian* (Anisotropis)



Gambar 10. Distribusi Kadar Pb dalam 2D Memakai Model *Spherical* (Anisotropis)



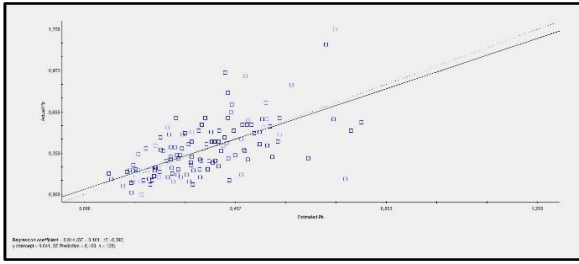
Gambar 11. Distribusi Kadar Pb dalam 2D Memakai Model *Eksponensial* (Anisotropis)

3.3 Validasi Silang Hasil Estimasi

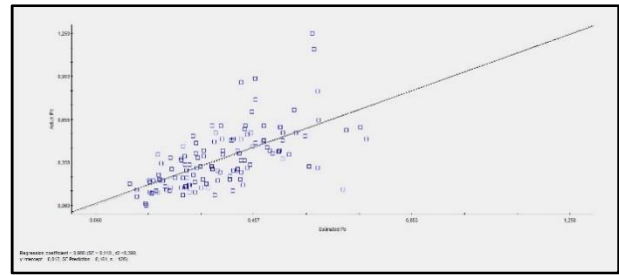
Gambar 12-17 menunjukkan validasi silang antara kadar komposit dan hasil estimasi dari masing-masing model variogram memakai teknik kriging blok.

Hasil validasi silang setiap model variogram berdasarkan arah orientasi: anistropi dan isotropi (disajikan pada Tabel 2). Pada tabel tersebut dapat dilakukan evaluasi nilai regresi terbaik untuk menentukan akurasi model yang dipilih.

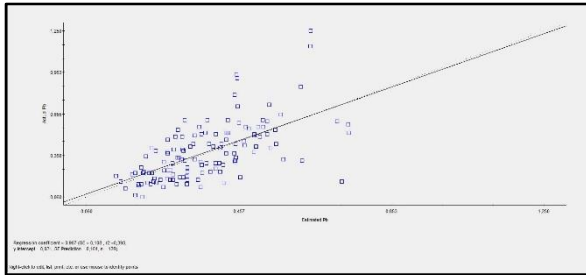
Model variogram *spherical* dengan arah isotropi memiliki nilai *regression coefficient* mendekati satu, nilai *Y-intercept* mendekati nol dan kurva berhimpitan dengan garis regresi.



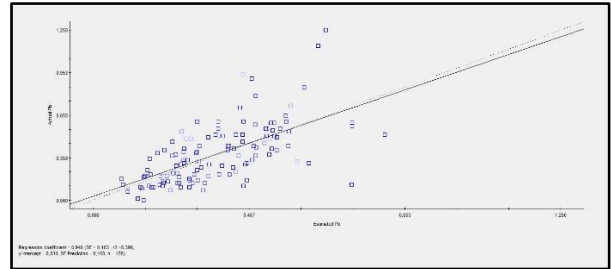
Gambar 12. Validasi Silang Komposit dan Taksiran Block Kriging 2x2 Model *Gaussian* (Isotropis)



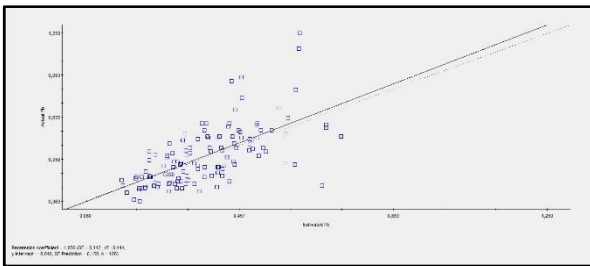
Gambar 16. Validasi Silang Komposit dan Taksiran Block Kriging 2x2 Model *Spherical* (Anisotropis)



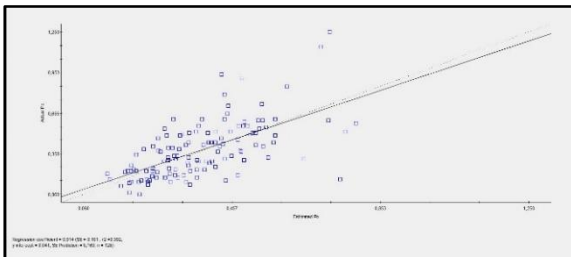
Gambar 13. Validasi Silang Komposit dan Taksiran Block Kriging 2x2 Model *Spherical* (Isotropis)



Gambar 17. Validasi Silang Komposit dan Taksiran Block Kriging 2x2 Model *Ekspontensial* (Anisotropis)



Gambar 14. Validasi Silang Komposit dan Taksiran Block Kriging 2x2 Model *Ekspontensial* (Isotropis)



Gambar 15. Validasi Silang Komposit dan Taksiran Block Kriging 2x2 Model *Gaussian* (Anisotropis)

Secara keseluruhan pemilihan model variogram *spherical* dengan arah anisotropi menggunakan teknik estimasi *ordinary kriging* tipe diskritisasi *block kriging* merupakan metode paling baik dibandingkan model variogram lain berdasarkan parameter hasil regresi (lihat Tabel 3 di bawah) dan dapat diterapkan pada lokasi penelitian.

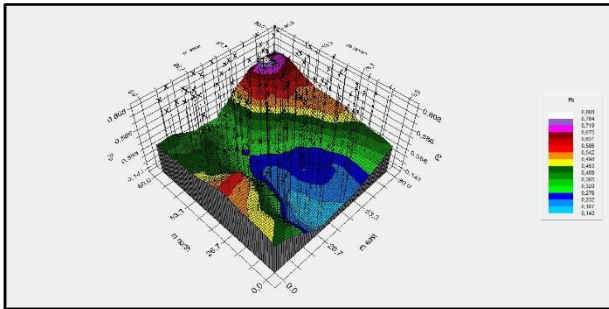
3.9 Validasi Grafis Hasil Estimasi

Validasi secara grafis dilakukan secara visual dengan tampilan peta 3D berdasarkan hasil estimasi di sekitar sebaran titik bor. Validasi secara grafis ini memiliki 15 *trend* warna yang memiliki rentang kadar masing-masing pada tampilan 3D untuk setiap model variogram.

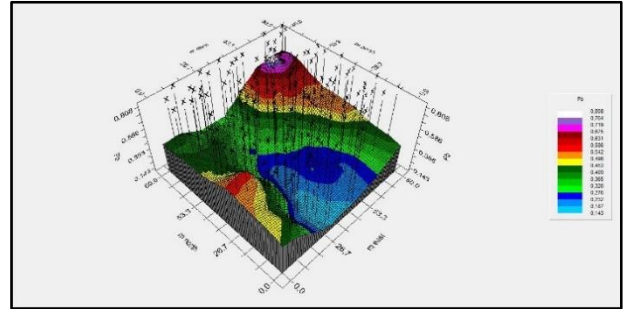
Pada Gambar 18-23 menunjukkan distribusi kadar 3D disertai letak lubang bor.

Tabel 3. Hasil *Regresi Linier* Masing-Masing Model Variogram

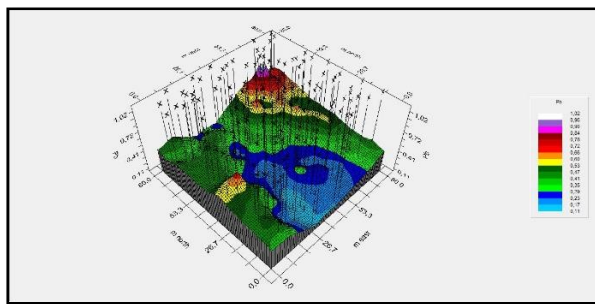
No	Model Var.	Orientasi Variogram	Ukuran Blok	R_c	SE	R^2	$Y - int$	$SE_{Pred.}$	N
1	<i>Gaussian</i>	Isotropis	2x2	0,967	0,108	0,39	0,021	0,161	128
2	<i>Spherical</i>	Isotropis	2X2	0,967	0,108	0,39	0,021	0,161	128
3	<i>Exponential</i>	Isotropis	2X2	0,914	0,101	0,392	0,041	0,16	128
4	<i>Gaussian</i>	Anisotropis	2X2	0,986	0,11	0,39	0,012	0,161	128
5	<i>Spherical</i>	Anisotropis	2X2	1,056	0,112	0,414	-0,01	0,158	128
6	<i>Exponential</i>	Anisotropis	2X2	0,94	0,103	0,398	0,03	0,16	128



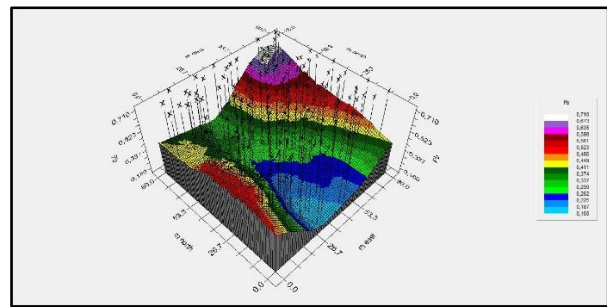
Gambar 18. Visualisasi Peta 3D Letak Lubang Bor dan Hasil Model *Gaussian* Isotropi



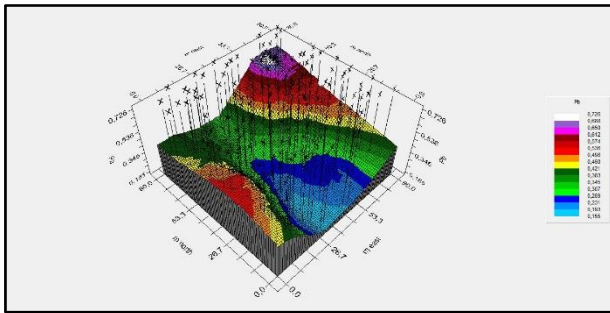
Gambar 19. Visualisasi Peta 3D Letak Lubang Bor dan Hasil Model *Spherical* Isotropi



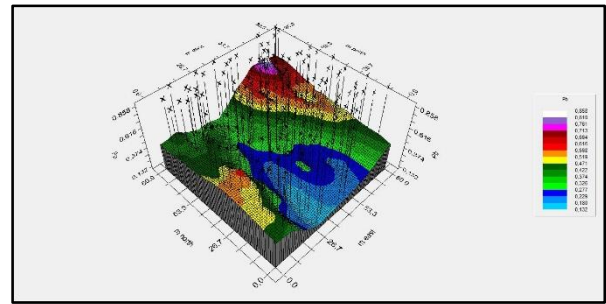
Gambar 20. Visualisasi Peta 3D Letak Lubang Bor dan Hasil Model *Eksponensial* Isotropi



Gambar 21. Visualisasi Peta 3D Letak Lubang Bor dan Hasil Model *Gaussian* Anisotropi



Gambar 22. Visualisasi Lubang Bor dan Peta 3D Model *Spherical* Anisotropi



Gambar 23. Visualisasi Lubang Bor dan Peta 3D Model *Eksponensial* Anisotropi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan hasil penelitian ini adalah:

- (1) Simulasi model variogram diperlukan untuk menentukan model yang paling cocok untuk diterapkan pada data di daerah penelitian.
- (2) Berdasarkan penentuan diskritisasi *block kriging 2x2* model variogram *spherical* paling baik untuk diterapkan dengan nilai *regression coeficient* sebesar 1,056; R^2 sebesar 0,414; Y_{im} sebesar -0,01 dan *SE Prediction* sebesar 0,158.
- (3) Berdasarkan simulasi model variogram dan arah orientasi diperoleh model terbaik yaitu *spherical* dengan arah orientasi anisotropi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Chindy Funay, Hana Trijayanti, Irene Boymau yang telah membantu dalam penyelesaian tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Paraskevis, Christos Roumpos, Nikolaos Stathopoulos, Aikaterini Adam 2019 *International Journal of Mining Science and Technology*, In press, corrected proof
- [2] W. S. Bargawa, R. F. Tobing, "Iron Ore Resource Modeling and Estimation Using Geostatistics", *AIP Conf. Proc.* 2019, Corrected proof, In Press.
- [3] K. Kang, C. Qin, B. Lee, and I. Lee, "Modified screening-based kriging method with cross-validation and application to engineering design." *Applied Mathematical Modelling*, 70, pp. 626-642, 2019
- [4] B. I. Harman, H. Koseoglu, and C. O. Yigit, "Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping": A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, 112, pp. 147-157, 2016.
- [5] W. S. Bargawa, "Mineral resources estimation using weighted jackknife kriging." *Advances of Science and Technology for Society. AIP Conf. Proc.* 1755, pp. 120001-120006, 2016.
- [6] W. S. Bargawa, "Weighted jackknife ordinary kriging - problem solution of the precision in mineral resources estimation," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 212 (012059), pp.1-9, 2018.
- [7] I. Zulkarnain and W. S. Bargawa, "Classification of coal resources using drill hole spacing analysis (DHSA)," *Journal of Geological Resource and Engineering*, 6, pp. 151-159, 2018.
- [8] W. S. Bargawa, "Mineral resources estimation based on block modeling." *Progress in Applied Mathematics in Science and Engineering Proceedings. AIP Conf. Proc.* 1705, pp. 020001-1-020001-8, 2016.
- [9] V. Senapathi, and C. R. Paramasivam, "An introduction to various spatial analysis techniques," in *GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science*, 2019, pp. 23-30.
- [10] W. S. Bargawa, A. Rauf, and N. A. Amri, "Gold resource modeling using pod indicator kriging." *Progress in Applied Mathematics in Science and Engineering Proceedings. AIP Conf. Proc.* 1705, pp. 020025-1-120025-8, 2016.