

Pemilihan Semivariogram Terbaik Berdasarkan *Root Mean Square Error (Rmse)* Pada Data Spasial Eksplorasi Emas Awak Mas

¹Emy Khairil Hendarwati, ²Piter Lepong, ³Suyitno

¹Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

³Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas
Mulawarman

*corresponding author : emykhairilhw@gmail.com

Manuscript received: 27 Desember 2022; Received in revised form: 10 Januari 2023;
Accepted: 28 Februari 2023

ABSTRACT

The semivariogram is a basic geostatistical tool used to visualize, model, and calculate the spatial autocorrelation of data in a variable. Semivariogram is divided into two, namely experimental semivariogram and theoretical semivariogram. There are three types of theoretical semivariogram models, namely spherical models, exponential models, and gaussian models. This study aims to determine the best semivariogram model based on the smallest RMSE value. The research data is secondary gold exploration data consisting of 101 drillhole data collars, surveys, assays, and geology. The process of selecting the semivariogram model begins with calculating the experimental semivariogram, performing a structural analysis by matching the experimental semivariogram curve with the theoretical 3 semivariogram curves to obtain the nugget, sill, and range values. For each semivariogram model, the RMSE value is calculated and the RMSE value for the spherical model is 0.3259, the exponential model is 0.2655, and the Gaussian model is 0.3224. Based on the RMSE results, the best semivariogram model with the smallest RMSE value is the exponential model.

Keywords: RMSE, Semivariogram, Spatial

ABSTRAK

Semivariogram merupakan perangkat dasar geostatistik yang digunakan untuk memvisualisasi, memodelkan, dan menghitung autokorelasi spasial dari data dalam suatu variabel. Semivariogram dibedakan menjadi dua, yaitu semivariogram eksperimental dan semivariogram teoritis. Terdapat tiga jenis model semivariogram teoritis, yaitu model *spherical*, model eksponensial, dan model *gaussian*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model semivariogram terbaik berdasarkan nilai RMSE terkecil. Data penelitian ini adalah data sekunder eksplorasi emas yang terdiri dari data *drillhole* sebanyak 101 data *collar*, *survey*, *assay*, dan geologi. Proses pemilihan model semivariogram dimulai dengan menghitung semivariogram eksperimental, melakukan analisis struktural dengan mencocokkan kurva semivariogram eksperimental dengan kurva 3 semivariogram teoritis sehingga diperoleh nilai *nugget*, *sill*, dan *range*. Pada masing – masing model semivariogram, dihitung nilai RMSE dan didapatkan nilai RMSE pada model *spherical* sebesar 0,3259, model eksponensial sebesar 0,2655, dan model *gaussian* sebesar 0,3224.

Berdasarkan hasil RMSE, model semivariogram terbaik dengan nilai RMSE terkecil adalah model eksponensial.

Kata Kunci : RMSE, Semivariogram, Spasial

1. PENDAHULUAN

Emas merupakan salah satu sumber daya mineral yang dapat ditemukan di Indonesia. Pertambangan emas adalah bagian penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Terdapat beberapa tahapan kegiatan pada proses pertambangan yang harus dilalui, yaitu prospeksi, eksplorasi, eksploitasi, dan pengolahan. Pada tahapan eksplorasi, salah satu kegiatan yang dilakukan adalah estimasi sumber daya emas yang mana menjadi penentu proses pertambangan dilanjutkan atau tidak.

Salah satu metode geofisika dalam pengestimasi sumber daya emas yaitu metode geostatistik. Metode ini menggunakan data spasial dalam proses estimasinya. Data spasial berupa data titik koordinat yang mengandung emas. Salah satu metode dalam geostatistik adalah *ordinary Kriging*. Metode *ordinary Kriging* merupakan metode sederhana dalam geostatistika yang digunakan apabila data bersifat stasioner dan menghasilkan estimator yang bersifat BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*). Data bersifat stasioner jika tidak memiliki kecenderungan *trend* naik atau turun. *Ordinary Kriging* menggunakan semivariogram dalam proses estimasi. Semivariogram dibedakan atas semivariogram eksperimental yang diperoleh dari data hasil pengukuran dan semivariogram teoritis yang terdiri atas beberapa model. Model – model semivariogram teoritis antara lain *spherical*, *Gaussian*, dan eksponensial.

Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan model semivariogram teoritis terbaik berdasarkan nilai RMSE terkecil. Model semivariogram teoritis yang terpilih, selanjutnya digunakan dalam

proses estimasi dengan menggunakan metode *ordinary Kriging*.

2. TEORI

⁷Emas adalah salah satu jenis mineral dengan nilai ekonomis yang tinggi. Pembentukan mineral emas dikaitkan dengan naiknya larutan hidrotermal di permukaan dengan melalui rekahan di bebatuan sehingga terjadi adanya proses diferensiasi dan pengendapan.

⁵Proses diferensiasi magma merupakan proses pembentukan mineral yang disebabkan oleh pembekuan magma, dimana magma mengalami pemisahan akibat perubahan temperatur sehingga terbentuk berbagai jenis bantuan beku. Batuan beku yang terbentuk memiliki karakteristik mineral yang berbeda sesuai dengan komposisi magma dan temperatur pembekuannya. Proses diferensiasi magma dibedakan menjadi tiga, yaitu endapan magmatis, endapan pegmatitis – pneumatolitik atau metasomatis kontak, dan endapan hidrotermal.

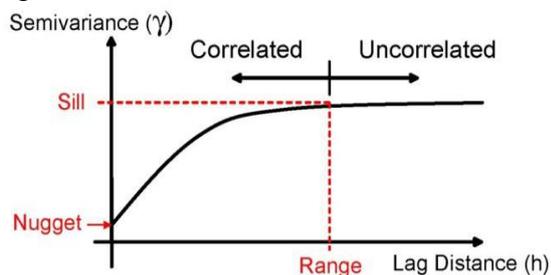
¹Proses pembentukan emas disebut dengan mineralisasi. Mineralisasi adalah proses kompleks pembentukan mineral yang mengalami perpindahan tempat melalui larutan hidrotermal akibat adanya perubahan lingkungan kimia dan fisik dan akhirnya terendapkan. Endapan mineral emas melalui proses pemisahan larutan hidrotermal dengan unsur volatil magma, lalu mengalami perpindahan tempat, dan terakumulasi pada perangkap struktural seperti sesar, kekar, dan rekahan.

⁴Geostatistika merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel yang diukur pada suatu titik tertentu dengan variabel yang sama yang diukur pada

suatu titik dengan jarak tertentu pula dari titik pertama dan juga untuk mengestimasi parameter yang terletak pada tempat yang tidak diketahui.

²Semivariogram merupakan perangkat dasar geostatistik yang digunakan untuk memvisualisasi, memodelkan, dan menghitung autokorelasi spasial dari antar data dalam suatu variabel. Semivariogram dibedakan menjadi dua, yaitu semivariogram eksperimental dan semivariogram teoritis.

³Pada semivariogram terdapat tiga parameter penting yang ditunjukkan pada gambar berikut ini :



²**Gambar 1** Kurva Semivariogram yang Menunjukkan Sill, Nugget, dan Range (Awali *et al.*, 2013).

1. *Sill* (a) merupakan titik dimana nilai tertinggi dari semivariogram sehingga cenderung mencapai nilai yang stabil
2. *Nugget* (c_0) merupakan nilai yang mendekati titik nol yang menunjukkan kesalahan analisis
3. *Range* (c) merupakan nilai dengan jarak paling jauh pada saat mencapai *sill* yang membatasi antara nilai yang berkorelasi spasial dengan nilai yang tidak berkorelasi spasial

³Semivariogram eksperimental didapatkan dari data pengamatan yang di plot sebagai fungsi jarak. Untuk mendapatkan semivariogram eksperimental digunakan persamaan berikut :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2(N(d))} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i + h) - Z(s_i)]^2 \quad (1)$$

dengan :

$\gamma(h)$ = semivariogram

$Z(s_i + h)$ = nilai pengamatan pada titik $s_i + h$

$Z(s_i)$ = nilai pengamatan pada titik s_i

$N(h)$ = banyaknya pasangan titik dengan jarak h

²Semivariogram teoritis terdiri atas beberapa model yang digunakan sebagai pembandingan dari semivariogram eksperimental, di antaranya :

1. Model *spherical*, yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left[\left(\frac{3h}{2a} \right) - \left(\frac{h}{2a} \right)^3 \right], & \text{untuk } h \leq a \\ c, & \text{untuk } h > a \end{cases} \quad (2)$$

2. Model eksponensial, yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp \left(-\frac{h}{a} \right) \right], \text{ untuk } h \geq 0 \quad (3)$$

3. Model *Gaussian*, yang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp \left(-\frac{h^2}{a^2} \right) \right], \text{ untuk } h \geq 0 \quad (4)$$

dengan h adalah jarak, a adalah nilai *range*, dan c adalah nilai *sill*.

⁶Ukuran yang digunakan untuk mengukur kinerja model adalah *root mean square error* (RMSE). Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin akurat model tersebut. Penentuan RMSE dilakukan untuk menentukan model semivariogram terbaik. Untuk menghitung nilai RMSE digunakan persamaan berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{SSE}{n}} \quad (5)$$

dimana

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Z(u_i) - \hat{Z}(u_i))^2 \quad (6)$$

SSE : Sum of Square Error

n : banyak data

$Z(u_i)$: nilai semivariogram eksperimental pada lokasi ke- i

$\hat{Z}(u_i)$: nilai semivariogram teoritis pada lokasi ke- i

3. METODE

Prosedur pengolahan data dalam penelitian terdiri atas beberapa tahapan. Tahapan pertama, menghitung semivariogram eksperimental

menggunakan persamaan (1). Tahapan kedua, analisis struktural pada masing – masing model, sehingga didapatkan nilai *nugget*, *sill*, dan *range*. Tahapan ketiga, menghitung semivariogram teoritis pada masing – masing model menggunakan persamaan (2), (3), dan (4). Tahapan keempat, menentukan model semivariogram teoritis terbaik berdasarkan nilai RMSE terkecil menggunakan persamaan (5).

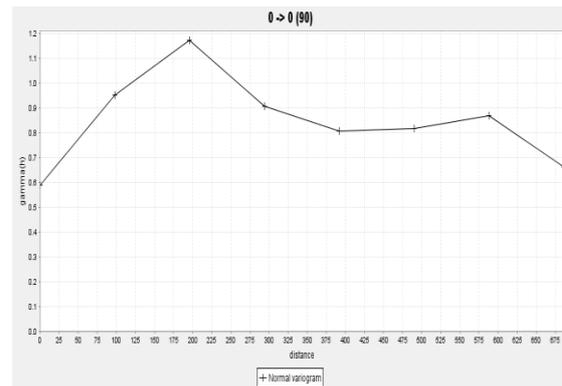
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan semivariogram eksperimental, hasil dapat dilihat pada Tabel 1, dan grafik semivariogram eksperimental dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1 Nilai Perhitungan Semivariogram Eksperimental

Kelas	Rata-rata Jarak (<i>h</i>)	$\gamma(h)$
1	25,1600	0,3680
2	101,2450	0,5940
3	193,9070	0,7300
4	296,0460	0,5660
5	391,3190	0,5030
6	479,6520	0,5100
7	575,4270	0,5420
8	648,6460	0,4120

Pada Tabel 1, kolom kelas menunjukkan pengelompokan nilai data berdasarkan nilai rata – rata jarak yang diperoleh dari grafik semivariogram eksperimental pada Gambar 2, dan kolom $\gamma(h)$ menunjukkan hasil perhitungan semivariogram eksperimental menggunakan persamaan (1).

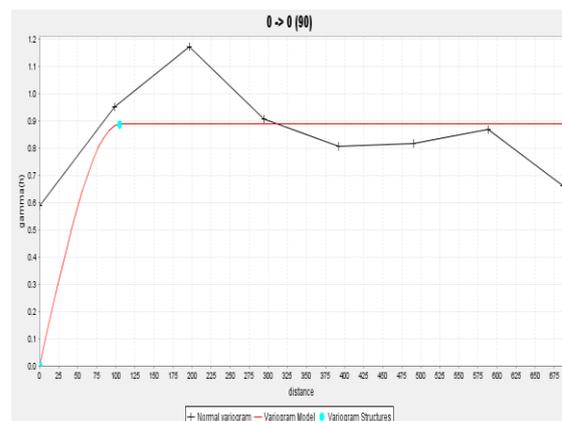


Gambar 2 Grafik Semivariogram Eksperimental

Berdasarkan grafik semivariogram eksperimental pada Gambar 2, dilakukan analisis struktural untuk mencocokkan grafik semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis. Analisis struktural menggunakan pada model *spherical*, model eksponensial, dan *gaussian*. Berikut hasil analisis struktural dari ketiga model tersebut :

a. Model *spherical*

Berdasarkan grafik hasil analisis struktural pada Gambar 3, diperoleh nilai *nugget* sebesar 0,0008, *sill* sebesar 0,8870, dan *range* sebesar 105,0670.



Gambar 3 Grafik Semivariogram Teoritis Model *Spherical*

Berdasarkan nilai *nugget*, *sill*, dan *range* tersebut, dapat dihitung semivariogram teoritis model *spherical* dengan menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2, dimana kolom kelas menunjukkan pengelompokan nilai data berdasarkan

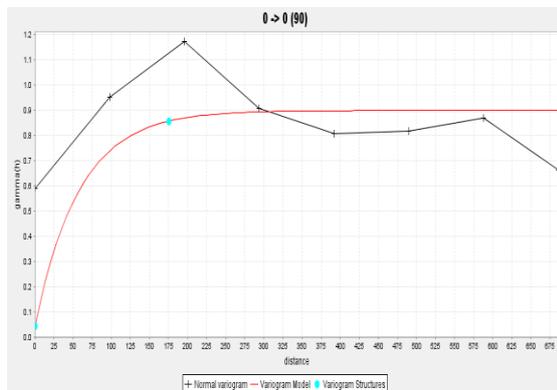
rata – rata jarak pada Tabel 1, dan kolom *spherical* menunjukkan nilai semivariogram teoritis model *spherical*.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Semivariogram Teoritis Model *Spherical*

Kelas	<i>Spherical</i>
1	0,3125
2	0,8852
3	0,8870
4	0,8870
5	0,8870
6	0,8870
7	0,8870
8	0,8870

b. Model eksponensial

Berdasarkan grafik hasil analisis struktural pada Gambar 4, diperoleh *nugget* sebesar 0,0427, *sill* sebesar 0,8556, dan *range* sebesar 175,4330.



Gambar 4 Grafik Semivariogram Teoritis Model Eksponensial

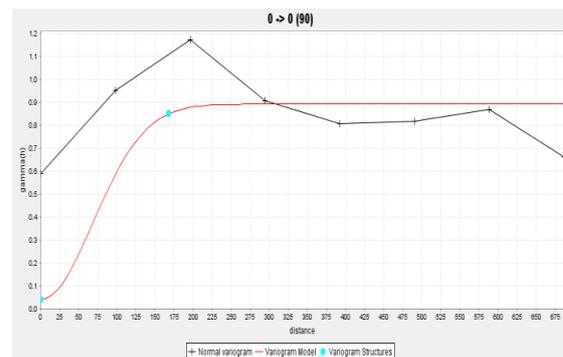
Berdasarkan nilai *nugget*, *sill*, dan *range* tersebut, dapat dihitung semivariogram teoritis model eksponensial dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3, dimana kolom kelas menunjukkan pengelompokan nilai data berdasarkan rata – rata jarak pada Tabel 1, dan kolom eksponensial menunjukkan nilai semivariogram teoritis model eksponensial.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Semivariogram Teoritis Model Eksponensial

Kelas	Eksponensial
1	0,1143
2	0,3751
3	0,5722
4	0,6973
5	0,7636
6	0,8000
7	0,8234
8	0,8344

c. Model *Gaussian*

Berdasarkan grafik hasil analisis struktural pada Gambar 5, diperoleh nilai *nugget* sebesar 0,0392, *sill* sebesar 0,8521, dan *range* sebesar 167,8430.



Gambar 5 Grafik Semivariogram Teoritis Model *Gaussian*

Berdasarkan nilai *nugget*, *sill*, dan *range* tersebut, dapat dihitung semivariogram teoritis model *gaussian* dengan menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4, dimana kolom kelas menunjukkan pengelompokan nilai data berdasarkan rata – rata jarak pada Tabel 1, dan kolom *gaussian* menunjukkan nilai semivariogram teoritis model *gaussian*.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Semivariogram Teoritis Model *Gaussian*

Kelas	<i>Gaussian</i>
1	0,0189
2	0,2599

3	0,6278
4	0,8141
5	0,8484
6	0,8519
7	0,8521
8	0,8521

Berdasarkan model *spherical*, model eksponensial, dan model *Gaussian*, ditentukan model semivariogram teoritis terbaik berdasarkan nilai RMSE. Hasil perhitungan RMSE, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan RMSE

Parameter	Model Semivariogram Teoritis		
	<i>Spherical</i>	Eksponensial	<i>Gaussian</i>
RMSE	0,3259	0,2655	0,3224

Berdasarkan tabel 5, model semivariogram terbaik yang terpilih adalah model eksponensial dengan nilai RMSE terkecil di antara model lainnya, yaitu 0,2655.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai RMSE pada model *spherical* sebesar 0,3259, model eksponensial sebesar 0,2655, dan model *gaussian* sebesar 0,3224. Berdasarkan hasil RMSE, model semivariogram terbaik dengan nilai RMSE terkecil adalah model eksponensial.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada keluarga dan teman – teman penulis yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penulisan jurnal ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

[1] Arjuna, S., Susilo, A., & Sunaryo. (2014). *Pemetaan Sebaran Endapan*

Mineral Logam Berdasarkan Interpretasi Data Polarisasi Terimbas di Lapangan “ X ” PT Newmont Nusa Tenggara (PT NNT). Indonesian Journal of Applied Physics, 04(1), 78–94.

- [2] Awali, A. A., Yasin, H., & Rahmawati, R. (2013). *Estimasi Kadar Hasil Tambang Menggunakan Ordinary Indicator Kriging. Jurnal Gaussian, 2(1), 1–10.*
- [3] Fauzi, Ary Rachmad. (2018). *Interpolasi Spasial CoKriging Menggunakan Semivariogram Anistropik Ekponensial, Stable, Ekponensial dan Gaussian Pada Kadar NO₂ dan SO₂ di Jawa Timur (Skripsi). Universitas Brawijaya*
- [4] Ishaq. (2018). *Efektivitas Ordinary Cokriging Dan Kriging Bumi Untuk Karakterisasi Potensi Manifestasi Panas Bumi. Jurnal Intekna, 18(2), 79–85.*
- [5] Purnamawati, D. I., & Tapilatu, S. R. (2012). *Genesa dan Kelimpahan Mineral Logam Emas, dan Asosiasinya Berdasarkan Analisis Petrografi, dan Atomic Absorbition Spectrophotometry (AAS), di Daerah Sangon, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi DIY (pp. 163–171).*
- [6] Respatti, E., Goejantoro, R., & Wahyuningsih, S. (2014). *Perbandingan Metode Ordinary Kriging dan Inverse Distance Weighted untuk Estimasi Elevasi Pada Data Topografi (Studi Kasus: Topografi Wilayah FMIPA Universitas Mulawarman) Comparison of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighted Methods for Estimation. Jurnal Eksponensial, 5(2), 163–170.*
- [7] Sukandarrumidi. (2009). *Geologi Mineral Logam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press*