

## Pendekatan Semivariogram Anisotropik dalam Metode *Ordinary Kriging* (OK) terhadap Pola Penyebaran Mineral Ikutan Timah

### (*The Approach of Anisotropic Semivariogram using Ordinary Kriging (OK) Method for The Distribution Pattern of Tin Mineral Associations*)

Ririn Amelia<sup>1\*</sup>, Guskarnali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika, Universitas Bangka Belitung

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

\* Korespondensi E-mail: [ryamelia.babel@gmail.com](mailto:ryamelia.babel@gmail.com)

#### Abstrak

Penambangan secara inkonvensional masih menjadi pilihan masyarakat Pulau Bangka. Salah satu lokasi di Pulau Bangka yang masih melakukan aktivitas penambangan timah darat dengan skala kecil atau skala rakyat adalah Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka. Dengan mengetahui pola distribusi penyebaran mineral ikutan timah akan memberikan gambaran umum yang dapat mencegah dan meminimalisir kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan penambangan. Interpolasi penyebaran mineral ikutan timah (Sn) seperti zirkon (Zr) dan hematit ( $Fe_2O_3$ ) menggunakan semivariogram anisotropik dalam metode *Ordinary Kriging* mempengaruhi pola penyebaran masing-masing mineral tersebut. Hal ini dapat terlihat berdasarkan pencocokan model semivariogram teoritis yang menghasilkan model yang berbeda-beda. Model yang lebih cocok untuk mineral hematit dan zirkon adalah eksponensial, sedangkan timah menggunakan model Gaussian. Berdasarkan hasil dari metode *Ordinary Kriging*, diperoleh bahwa pola penyebaran ketiga mineral tersebut berada pada arah timur sekitar Bukit Sambung Giri. Perkiraan pola penyebaran ketiga mineral ini, memberikan gambaran umum yang dapat meminimalisir kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan di Bukit Sambung Giri.

**Kata kunci:** Anisotropik, ordinary kriging, penambangan, timah

#### Abstract

*Unconventional mining is still the choice of the people of Bangka Island. One of the locations on the Bangka islands that still conduct tin mining activities on a small scale or community scale is Sambung Giri Hill, Merawang District, Bangka Regency. Based on understanding distribution patterns of the mineral will provide a general description that can prevent and minimize damage caused by mining activities. Interpolation of Tin (Sn), zircon (Zr) and hematite ( $Fe_2O_3$ ) using anisotropic semivariogram in the Ordinary Kriging method uses the distribution pattern of each of these minerals. In this method uses the best anisotropic semivariogram model of each mineral. Models that are more suitable for hematite and zircon minerals are exponential, whereas tin uses the Gaussian model. Based on the results of the Ordinary Kriging method, the mineral distribution pattern was obtained in accordance with the east direction around the Sambung Giri Hill. The estimated pattern of mineral distribution, provides a general description that can minimize environmental damage due to mining activities in Sambung Giri Hill.*

**Keywords:** Anisotropic, ordinary kriging, mining, tin

#### 1. Pendahuluan

Pulau Bangka dan Belitung dikenal sebagai daerah penghasil timah (Sn) terbesar di Indonesia dan merupakan bagian dari jalur mineralisasi logam di Indonesia bagian barat. Kegiatan penambangan di Pulau Bangka sudah dimulai pada tahun 1711 sedangkan di Pulau Belitung telah dimulai sejak Tahun 1852 dan berlangsung sejak zaman Belanda sampai sekarang (Susanto, 2015). Menurut Cobbing (2005) dalam Irvani dan Elsha (2018) juga

menyebutkan bahwa Pulau Bangka dan Belitung pernah tercatat dalam sejarah sebagai penghasil timah terbesar di dunia. Komoditi timah pada masa lalu pernah menjadi penyumbang devisa yang signifikan bagi Indonesia. Penemuan sumberdaya mineral bijih timah yang berlimpah di Pulau Bangka dan Belitung sangat berhubungan erat dari posisi strategis geologi Pulau Bangka dan Belitung yang terbentuk pada Sabuk Timah Asia Tenggara.

Praktek penambangan timah telah menjadi aktivitas keseharian bagi masyarakat di Pulau Bangka Belitung yang dilakukan dengan penambangan lepas pantai (perusahaan mengoperasikan armada kapal keruk untuk operasi produksi di daerah lepas pantai (*off shore*)) dan penambangan timah darat-*gravel pump* (prosesnya dilakukan menggunakan pompa semprot (*gravel-pump*)) (Susanto, 2015).

Penambangan secara inkonvensional pun masih menjadi pilihan masyarakat Pulau Bangka. Salah satu lokasi di Pulau Bangka yang masih melakukan aktivitas penambangan timah darat dengan skala kecil atau skala rakyat adalah Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka.

Bukit Sambung Giri memiliki catatan geologi sebagai salah satu lokasi pembentukan timah primer di Pulau Bangka. Pada kawasan Bukit Sambung Giri terdapat aktivitas penambangan bijih timah primer pada bagian tubuh atas dan lereng bukit dengan skala kecil, dan pada bagian bawah bukit terdapat penambangan timah secara inkonvensional yang juga dilakukan pada skala kecil. Bijih timah menjadi daya tarik bagi para penambang untuk datang dari berbagai daerah sekitarnya (Mardiah dan Irvani, 2018).

Keterarikan tersebut juga sebabkan oleh adanya mineral-mineral lain yang ditemukan atau terikutsertakan bersamaan dengan penambangan timah. Mineral-mineral tersebut disebut sebagai mineral ikutan. Dimana, mineral-mineral ikutan dari hasil penambangan ini memiliki nilai yang ekonomis. Adapun jenis-jenis mineral ikutan tersebut seperti: kalsium, hematit, titanium, zirkonium dan mineral ikutan lainnya.

Namun, efek dari penambangan darat ini mengakibatkan terbentuknya lubang bekas penambangan timah (lubang *camuy* atau kulong) di kawasan Bukit Sambung Giri. Lama kelamaan hal ini dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan yang berakibat fatal jika terus-menerus dibiarkan tanpa adanya reklamasi. Untuk itu, penting untuk mengetahui perkiraan pola penyebaran dari mineral tersebut agar penambangan dapat dilakukan dengan cara dan arah yang tepat. Dengan mengetahui pola distribusi penyebaran mineral biji timah, akan memberikan gambaran umum kegiatan penambangan yang dapat mencegah kerusakan lingkungan. Sehingga kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan penambangan dapat diminimalisir (Amelia dkk., 2019).

Pola distribusi penyebaran mineral ikutan timah dalam dilakukan dengan pendekatan metode *ordinary kriging*. Metode *Ordinary Kriging* dalam mengestimasi curah hujan di Kota Semarang. Menggunakan variogram eksperimental yang dibandingkan dengan beberapa variogram teoritis (eksponensial,

Gaussian, sferikal) dipilih salah satu model semivariogram terbaik untuk mengestimasi curah hujan di Kota Semarang (Bahtiyar dkk., 2014).

Pendekatan semivariogram dan Metode *Ordinary Kriging* juga telah dilakukan oleh Guskarnali (2016) dalam mengestimasi sumberdaya bijih besi (Fe) pada daerah Tanjung Buli Kabupaten Halmahera Timur. Dimana, hasil model penaksiran sumberdaya kadar bijih besi (Fe) menunjukkan pola penyebaran yang tinggi yakni diatas 14,40% dan tersebar secara acak (bervariasi). Metode yang sama juga dilakukan oleh Amelia dan Guskarnali (2017) dalam memperkirakan data *Composite* Jumlah Hambatan Lekat pada data tanah. Kemudian, metode yang sama juga dilakukan untuk menentukan arah penambangan yang berorientasi lingkungan menggunakan metode *Ordinary Kriging* di Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka. Dimana, data yang digunakan adalah mineral yang terkandung didalam kasiterit hasil dari penambangan timah (Amelia dkk. 2019). Ketiga penelitian tersebut menggunakan semivariogram isotropik yang selanjutnya model hasil semivariogram isotropik tersebut digunakan untuk mengestimasi nilai yang dicari menggunakan metode *Ordinary Kriging*.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari dan Neswan (2015) yang menuliskan bahwa pemodelan semivariogram anisotropik dapat diaplikasikan dalam industri perminyakan, dengan studi kasus produksi minyak di lapangan Jatibarang. Dalam tiga model semivariogram yaitu eksponensial, Gaussian dan sferikal, peningkatan sudut pada semivariogram anisotropik memberikan pengaruh yang berbeda untuk fungsi rentang dan pergeseran nilai semivariogram.

Selanjutnya Carol dkk., (2017) menggunakan metodologi interpolasi kriging anisotropik dan isotropik. Dimana, kriging anisotropik digunakan dalam menginterpolasi kecepatan angin, memperhitungkan arah dan tren kecepatan angin dipermukaan yang heterogen.

Penulisan artikel ini juga merupakan lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di Bukit Sambung Giri Kecamatan Merawang. Adapun penelitian sebelumnya adalah mengetahui arah penambangan yang berorientasi lingkungan dengan Metode *Ordinary Kriging* yang menggunakan pendekatan semivariogram isotropik (berdasarkan dari jarak pengamatan). Namun, kali ini akan dilanjutkan dengan melihat data dari perspektif semivariogram anisotropik (berdasarkan dari jarak dan arah pengamatan). Harapannya, dengan mengetahui pola penyebaran mineral ikutan timah berdasarkan jarak dan arah dapat

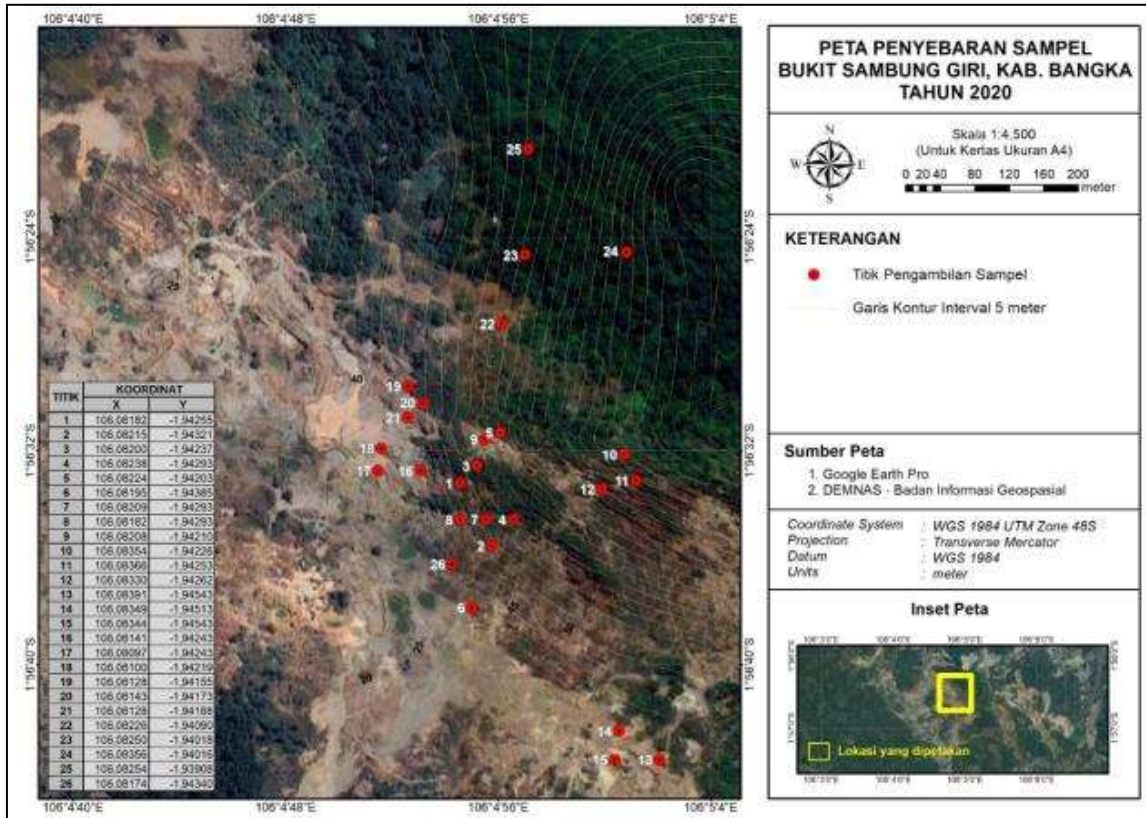
meminimalisir kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan.

## 2. Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil pada sekitar Bukit Sambung Giri, Desa Jurung, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka (lihat Gambar 1). Terdapat dua puluh enam data sampel yang kemudian diuji menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk

mengetahui kandungan unsur yang ada di setiap lokasi.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut terdapat dua puluh dua mineral yang terdeteksi menggunakan XRF tersebut. Namun, yang digunakan dalam penelitian ini adalah Timah (Sn), Zirkon (Zr) dan Hematit ( $Fe_2O_3$ ). Pemilihan mineral ini didasarkan bahwa ketiganya memiliki nilai ekonomis baik dari hasil penambangan legal maupun penambangan ilegal.



Gambar 1. Dua puluh enam data sampel penelitian di Bukit Sambung Giri, Desa Jurung, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka.

Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah:

### a. Menentukan Statistika Deskriptif

Dalam hal ini, statistika deskriptif digunakan untuk menganalisis dan meninterpretasikan penyebaran data timah (Sn), zirkon (Zr) dan hematit ( $Fe_2O_3$ ). Kemudian, berdasarkan analisis statistika deskriptif ini dapat diketahui distribusi penyebaran data, koefisien variasi dan sebagainya. (Amelia dkk., 2019).

### b. Semivariogram Anisotropik

Semivariogram bertujuan untuk mengetahui korelasi spasial antar lokasi yang terpisahkan oleh jarak tertentu. Jika data observasi diketahui, maka dapat menggunakan semivariogram eksperimental:

$$\hat{\gamma}(d) = \frac{1}{2(N(d))} \sum_{i \neq j, i=1}^{N(d)} [z(s_i + d) - z(s_i)]^2 \quad (1)$$

dengan  $d$  adalah jarak,  $z(s_i)$  merupakan nilai observasi pada lokasi-lokasi sampel dan  $N(d)$  adalah nilai banyaknya pasangan data yang berjarak  $d$ . Terdapat tiga parameter yang ada pada semivariogram yaitu: *sill* ( $C$ ), *nugget effect* ( $C_0$ ), dan *range* ( $a$ ). Jika parameter tersebut menunjukkan nilai yang berbeda untuk setiap arah maka fenomena ini disebut semivariogram semivariogram anisotropik. Hal ini dikarenakan semivariogram anisotropik tidak hanya bergantung pada jarak saja tetapi juga bergantung pada arah antar pasangan lokasi. Dimana, semivariogram anisotropik diukur dalam empat sudut yaitu  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$ .

### c. Model Semivariogram yang terbaik

Dalam menentukan model semivariogram yang terbaik, dapat menggunakan semivariogram eksperimental yang kemudian akan dicocokkan dengan model semivariogram

teoritis. Adapun model *semivariogram* teoritis yang biasa digunakan adalah model linear, seperti model *sferikal*, *eksponensial* dan *gaussian* (Weckernagel, 2003). Ketiga model tersebut ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\text{Sferikal, } \gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], & h \leq a \\ C_0 + C & , h > a \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Eksponensial, } \gamma(h) = C_0 + C \left[ 1 - \exp \left( -\frac{h}{a} \right) \right] \quad (3)$$

$$\text{Gaussian, } \gamma(h) = C_0 + C \left[ 1 - \exp \left( -\left( \frac{h}{a} \right)^2 \right) \right] \quad (4)$$

Dengan menggunakan *semivariogram* eksperimental akan dipilih satu model terbaik diantara ketiga model *semivariogram* tersebut. Tentunya berdasarkan dari pendekatan *semivariogram* anisotropik dengan empat arah sudut yang telah ditentukan.

**d. Metode Ordinary Kriging**

Metode *Ordinary Kriging* (OK) ini menghasilkan prediksi atau kriging variansi yang merupakan parameter tingkat keyakinan dari suatu data estimasi, artinya suatu data estimasi dikatakan baik jika memiliki nilai kriging variansi yang lebih kecil. Metode OK juga merupakan metode interpolasi yang menghasilkan estimasi tak bias yang disebut juga sebagai *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE). Nilai estimasi pada variabel yang ditaksir menggunakan persamaan  $\hat{Z} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot Z_i$  dengan  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ .  $\hat{Z}$  merupakan nilai taksiran dan  $Z_i$  nilai dari sampel pada lokasi yang dibobot, dan  $w_i$  merupakan bobot sampel. Bobot sampel tidak hanya didasarkan pada jarak antara ukuran dan lokasi titik prediksi tetapi juga pada keseluruhan letak titik-titik yang diukur disekitar observasi lapangan (Oliver dan Webster, 2015).

**3. Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan hasil dari analisis statistika deskriptif diperoleh bahwa hematit memiliki variabilitas yang tinggi, terlihat dari tingginya nilai rata-rata dan variansi dibandingkan unsur lainnya. Selanjutnya, zirkon memiliki data yang homogen jika dibandingkan dengan unsur timah dan hematit (Amelia dkk., 2019).

Apabila dilihat dari nilai median dan rata-rata terlihat bahwa data tidak berdistribusi normal. Sehingga, dalam hal ini dilakukanlah *log transformation*. Kemudian, data tersebut diolah untuk mengetahui korelasi spasial antar lokasi data dengan menggunakan persamaan (1). Adapun hasil dari pengolahan data menggunakan *semivariogram* anisotropik dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan pada Tabel 1 terlihat bahwa proporsi parameter untuk setiap mineral cenderung mengarah pada model *semovariogram* yang Gaussian. Namun, jika dilihat sesuai dengan koefisien determinasi, mineral hematit ( $Fe_2O_3$ ) cenderung mengarah pada model eksponensial, sedangkan Timah (Sn) cenderung mengarah pada model Gaussian dan model yang mendekati cocok untuk mineral zirkon juga Gaussian.

Namun, *nugget variance* ( $C_0$ ) dari model Gaussian pada mineral timah (Sn) lebih besar daripada model eksponensial dan sferikal. Akan tetapi, berdasarkan proporsi parameter dan nilai koefisien determinasi menunjukkan bahwa model yang lebih cocok untuk mineral timah (Sn) adalah model Gaussian.

Begitu pula yang terlihat pada mineral zirkon (Zr). *Nugget variance* ( $C_0$ ) dari model Gaussian pada mineral zirkon (Zr) lebih besar ketimbang dari model eksponensial dan sferikal. Namun, apabila dilihat berdasarkan proporsi parameter (hubungan kebergantungan antar ruang dan jarak) menunjukkan bahwa model yang lebih cocok adalah model eksponensial.

Tabel 1. Parameter dari model *semivariogram*

Sampel	Nugget effect (C0)	C0+C	Proportion (C/[C0+C])	R <sup>2</sup>	Model
Hematit	0.212	1.579	0.866	0.124	Eksponensial
	0.377	1.744	0.784	0.114	Gaussian
	0.217	1.584	0.863	0.123	Sferikal
Timah	0.440	23.596	0.981	0.425	Eksponensial
	1.620	17.346	0.907	0.475	Gaussian
	0.550	13.136	0.958	0.432	Sferikal
Zirkon	0.077	0.531	0.855	0.044	Eksponensial
	0.105	0.559	0.812	0.059	Gaussian
	0.063	0.517	0.878	0.044	Sferikal

Secara visual, hal ini juga terlihat dari fit model *semivariogram* eksperimental dengan *semivariogram* teoritis pada Gambar 1. Pada setiap model *semivariogram* diukur dalam empat sudut  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$  dan  $135^0$ . Masing-masing

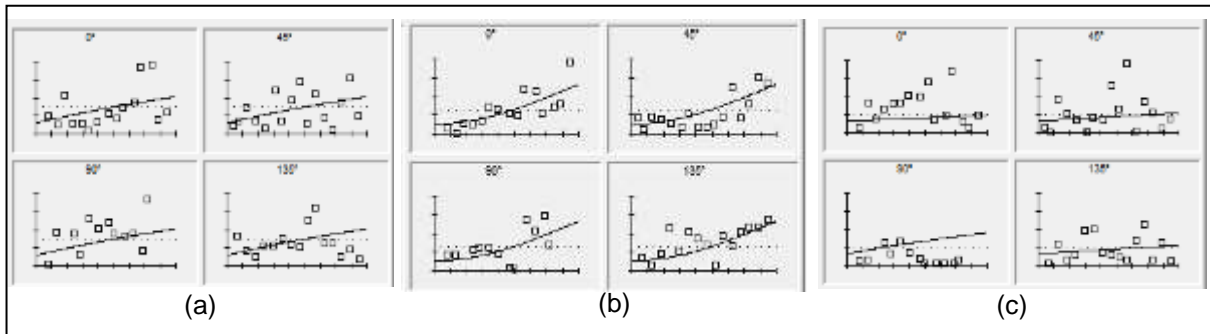
sudut dalam setiap model *semivariogram* menunjukkan bahwa model yang cocok adalah model eksponensial untuk mineral hematit dan zirkon (Gambar 1.a dan 1.c) serta model Gaussian untuk timah (Gambar 1.b). Sehingga,



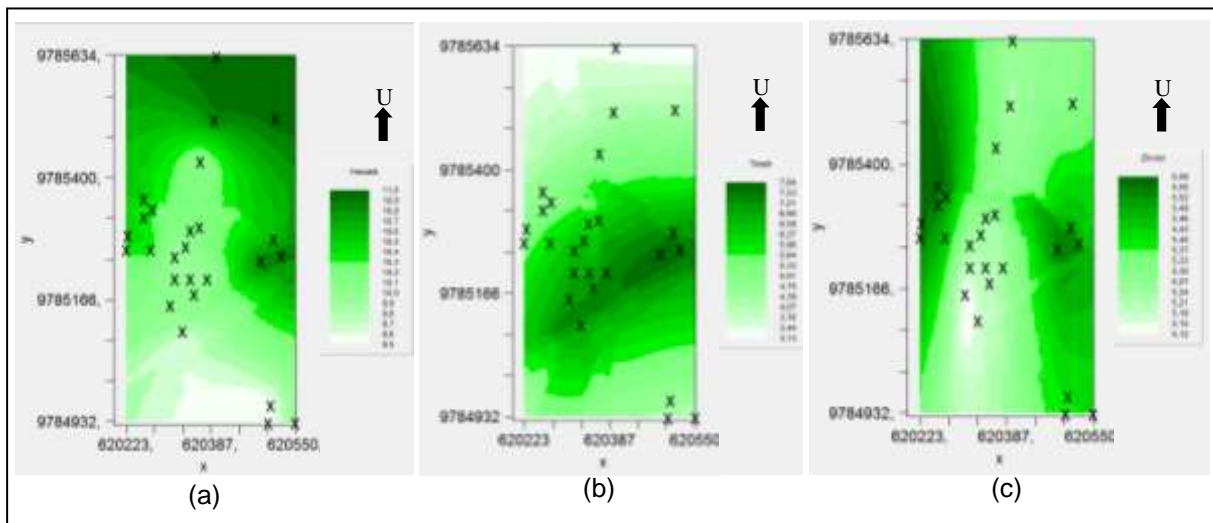
untuk menganalisis dan menginterpolasi distribusi mineral tersebut digunakan masing-masing model sesuai dengan model semivariogram yang telah dicocokkan dengan model semivariogram teoritis.

Berdasarkan hasil interpolasi penyebaran mineral ikutan timah menggunakan semivariogram anisotropik dalam metode *Ordinary Kriging* mempengaruhi pola penyebaran masing-masing mineral di lokasi penelitian. Mineral hematit tersebar melingkar dari arah barat, utara

hingga timur lokasi penelitian. Selanjutnya, kandungan timah terbentang dari arah barat daya hingga arah timur lokasi penelitian. Sedangkan untuk zirkon, sebagian besar penyebaran terletak pada arah barat dan timur. Apabila akan melakukan penambangan timah namun juga dengan mineral ikutan hematit dan zirkon, maka letak ketiga mineral tersebut dapat ditemukan pada tiga lokasi penelitian yang terdapat pada arah timur.



Gambar 2. Semivariogram teoritis untuk (a) model eksponensial dari mineral Hematit ( $Fe_2O_3$ ); (b) model Gaussian untuk Timah (Sn); and (c) model eksponensial untuk Zirkon (Zr)



Gambar 3. Pola penyebaran mineral ikutan timah: (a) Hematite ( $Fe_2O_3$ ); (b) Timah (Sn); and (c) Zirkon (Zr) pada lokasi Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka dengan menggunakan metode *Ordinary Kriging* (OK).

Pencegahan kerusakan lingkungan di sekitar Bukit Sambung Giri, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka dapat dihindari atau diminimalisir dampak yang ditimbulkan dengan menerapkan penambangan terbuka di sebelah timur lokasi penelitian. Adapun lokasi tersebut berada disekitar tiga titik koordinat (x;y) yaitu (620509;9785283), (620523; 9785253) dan (620483; 9785243) atau titik lokasi 10, 11, dan 12 pada Gambar 1.

#### 4. Kesimpulan

Pencocokan semivariogram secara teoritis menghasilkan model yang berbeda-beda untuk tiap mineral. Model yang lebih cocok untuk mineral hematit dan zirkon adalah model eksponensial, sedangkan timah menggunakan model Gaussian. Sedangkan arah penyebaran yang tepat dalam melakukan penambangan dapat dilakukan pada arah timur dari lokasi penelitian.

## Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada tim Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun pelaksanaan 2018 Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Bangka Belitung, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menggunakan data-data yang diperlukan dalam penyelesaian artikel ini.

## Daftar Pustaka

- Amelia, R., dan Guskarnali. 2017. Penaksiran Data Composite Jumlah Hambatan Lekat Menggunakan Metode Ordinary Kriging. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (SNPPM) 2017* (pp. p. 364-369). Pangkalpinang, Indonesia: SNPPM FT UBB.
- Amelia, R., Guskarnali, dan Mardiah. 2019. The determining of an environmentally oriented mining direction using the ordinary kriging method. *International Conference on Green Energy and Environment 2019. Vol. 353*, pp. p. 1-6. Pangkalpinang: IOP Publishing.
- Bahtiyar, A. D., Hoyyi, A., dan Yasin, H. 2014. Ordinary Kriging dalam Estimasi Curah Hujan di Kota Semarang. *Jurnal Gaussian*, 151-159.
- Carol J. Friedland, T. Andrew Joyner, Carol Massarra, Robert V. Rohli, Anna M. Treviño, Shubharoop Ghosh, Charles Huyck dan Mark Weatherhead., 2017. Isotropic and anisotropic kriging approaches for interpolating surface-level wind speeds across large, geographically diverse regions, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8:2, 207-224.
- Guskarnali. 2016. Metode Point Kriging Untuk Estimasi Sumberdaya Bijih Besi (Fe). *Promine Journal*, 13-20.
- Irvani, dan Artasari, E. D., 2018. Studi Karakteristik Tailing Pada Lokasi Eks Penambangan Timah di Bukit Sambung Giri Kecamatan Merawang Kabupaen Bangka. *Promine Journal, Vol. 6*, p. 31-36.
- Mardiah, dan Irvani., 2018. Studi Unsur Tanah Jarang REE di Bagian Barat Bukit Sambung Giri KECamatan Merawang Kabupaten Bangka. *Promine Journal*, 6(1), p.41-46.
- Oliver, M. A., dan Webster, R., 2015. *Basic Steps in Geostatistics: The Variogram and Kriging*. London: Springer International Publishing.
- Sari, R. N., dan Neswan, O., 2015. Simulation of angle on geometry anisotropic semivariogram modeling in the case of oil in Jatibarang reservoir. *ICASS 2014. Vol. 1692*, p. 020013. Bandung, Indonesia: AIP Publishing LLC.
- Susanto. 2015. Daerah Kolong Timah di Bangka Belitung dengan Data Satelit Spot\_6. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta 2015, Jakarta, Indonesia*. Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Wackernagel, H., 2003. *Multivariate Geostatistics*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.