

Estimasi Sumberdaya Emas Menggunakan Metode *Ordinary Kriging* Pada Pit X, Pt. Indo Muro Kencana, Kec. Tanah Siang, Kab. Murung Raya, Kalimantan Tengah

Achmad Reza Kurniawan¹, Nur Ali Amri¹

¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Korespondensi : achmadrezak23@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk menganalisis penyebaran kadar sumberdaya emas *epithermal low sulphidation* berdasarkan metode geostatistik *ordinary kriging*. Daerah penelitian (Pit X) terletak di Kecamatan Tanah Siang, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah yang merupakan milik PT. Indo Muro Kencana. Data adslsh 569 titik bor dengan spasi 8 meter dan pengambilan sampel *assay* emas *epithermal* per 1 meter. Metode geostatistik yang digunakan antara lain metode *median indicator kriging* dan *ordinary kriging*. Parameter penaksiran kadar sumberdaya emas *epithermal* didasarkan pada studi variogram dan *crossvalidation* dari dua metode geostatistik yang digunakan. Penelitian ini menggunakan *software* Micromine 2018. Metode *ordinary kriging* menggunakan prinsip *block kriging* dan metode *median indicator kriging* menggunakan kadar batas nilai tengah atau median masing-masing *vein* untuk menaksirkan jumlah sumberdaya emas *epithermal*. Hasil *crossvalidation* dari penaksiran sumberdaya emas *epithermal* menunjukkan metode *median indicator kriging* mempunyai nilai koefisien korelasi (r) 0.587 dan *root mean squared error* (RMSE) 0,097 lebih akurat dibandingkan metode *ordinary kriging* yang mempunyai nilai koefisien korelasi (r) 0.103 dan *root mean squared error* (RMSE) 0.875. Klasifikasi sumberdaya emas *epithermal* didasarkan pada jarak rata-rata antar sampel yang ditunjukkan pada histogram. Hasil penaksiran kadar sumberdaya metode *ordinary kriging* memperoleh sumberdaya terukur 27607 ton dengan kadar rata-rata 2.237 Au ppm dan sumberdaya tertunjuk 5092 ton dengan kadar rata-rata 3.376 Au ppm dan sumberdaya tereka 40317 ton dengan kadar rata-rata 1.8 Au ppm.

Kata kunci: Sumberdaya, Geostatistik, Variogram, Kriging, Median Kriging, *Vein Epithermal Low Sulphidation*

ABSTRACT

The purpose of research is to analyze the grade distribution of gold *epithermal vein low sulphidation resource* based on geostatistical *ordinary kriging*. The research area (Pit X) is located in Tanah Siang subdistrict, Murung Raya regency, Central Borneo. The research area belongs to mining owner company PT. Indo Muro Kencana. The data are 569 drillholes with drillhole spacing is 8 meters and sampling 1 meter per gold *epithermal assay*. Geostatistical methods consist of two methods, *median indicator kriging* and *ordinary kriging*. The parameters of grade estimation gold *epithermal* are based on variogram study and the result of *crossvalidation* of two geostatistical methods. The research is conducted by using Micromine 2018. *Ordinary kriging* based on *block kriging* methods while *median indicator kriging* with the median value for each *vein* is used for the estimation of gold *epithermal* resources. The result of the *crossvalidation* shown that *median indicator kriging* with coefficient of correlation (r) value 0.587 and *root mean squared error* (RMSE) value 0.097 is more accurate method than *ordinary kriging* with coefficient of correlation (r) value 0.103 and *root mean squared error* (RMSE) value 0.857. The classification of gold *epithermal* resources is based on value of average distance of samples by looking to its histogram. The results of gold *epithermal* resources based on its average distance of samples value of *ordinary kriging* methods has measured resource with 27607 tons and the average grades is 2.237 Au ppm, indicated resource with 5092 tons and the average grades is 3.376 Au ppm, and inferred resource with 40317 tons and the average grades is 1.8 Au ppm.

Keywords : Resource, Geostatistics, Variogram, Kriging, Median Kriging, *Vein Epithermal Low Sulohidation*

1. PENDAHULUAN

Eksplorasi merupakan salah satu tahapan yang perlu dilakukan dalam mencari sumberdaya emas yang memiliki nilai ekonomis. Aktifitas eksplorasi dalam konteks sumberdaya emas perlu mempertimbangkan dua

aspek, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis. Kedua aspek tersebut merupakan langkah awal untuk mengevaluasi kegiatan eksplorasi, apakah sumberdaya emas tersebut layak atau tidak secara ekonomis untuk ditambang.

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan eksplorasi tambang yang mengkaji aspek teknis terkait penaksiran sumberdaya emas berdasarkan metode geostatistika. Metode ini merupakan bagian dari statistika yang mempertimbangkan kadar sebagai hasil pengasaian yang merupakan variabel spasial dalam struktur spasial (Krige, 1999). Beberapa metode digunakan untuk penaksiran sumberdaya emas, tetapi pada penelitian ini penaksiran menggunakan metode *ordinary kriging*.

2. METODE PENELITIAN

Geostatistika merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Geostatistika bekerja berdasarkan parameter-parameter yang dihasilka *fitting* variogram eksperimental dengan variogram teori (Amri dkk. 2018). Variogram juga sekalian digunakan untuk mengukur hubungan antara nilai-nilai sampel dan jarak antara pasangan sampel yang diamati (Martin dkk. 2009). Meski demikian, pemahaman statistika klasik perlu dicermati, beberapa metode yang sering digunakan diantaranya analisis univarian, bivarian dan statistik spasial.

Analisis Statistik Univarian

Analisis statistik univarian merupakan perangkat statistik yang mendeskripsikan data dalam suatu populasi. Perangkat statistik yang menggambarkan letak data meliputi nilai rerata (*mean*), *modus*, nilai tengah (*median*), nilai maksimum dan minimum. Perangkat statistik untuk menggambarkan penyebaran (*variabilitas*) data tercermin pada nilai variansi dan simpangan baku.

Standard error (SE) adalah nilai yang mengukur seberapa tepat nilai rata-rata (*mean*) yang diperoleh. *Standard error* mencerminkan pengaruh sampel terhadap rata-rata sampel yang ada. Nilai *standard error* kecil (mendekati nol) mengindikasikan data sampel akurat atau representatif. Oleh karena itu, *standard error* dapat digunakan untuk menentukan dan mengontrol jumlah dari sampel, adapun *standard deviation* menjelaskan seberapa besar bervariasinya sampel yang digunakan.

Perangkat statistika yang digunakan untuk menggambarkan bentuk distribusi data antara lain : angka ketaksimetrisan (*skewness*), kurtosis, dan koefisien variasi (*coefficient variation*, CV). Angka ketaksimetrisan adalah perangkat statistika untuk menggambarkan simetri atau taksimeri suatu penyebaran data. *Skewness* atau ukuran kemiringan kurva adalah kecenderungan distribusi data dilihat dari ukuran simetris atau tidaknya suatu kumpulan data dalam bentuk kurva histogram yang diperbandingkan dengan distribusi normal.

Pada distribusi normal, nilai kurtosis sama dengan 0 (nol). Nilai kurtosis positif menunjukkan distribusi yang relative runcing sedangkan nilai kurtosis yang negative menunjukkan distribusi relatif rata. *Skewness* maupun kurtosis pada umumnya digunakan untuk menunjukan apakah data terdistribusi normal atau tidak.

Koefisien variasi (CV) adalah suatu parameter yang menunjukan keheterogenankelompok data. Semakin besar nilai koefisien variasi, maka sifat data tersebut semakin heterogen. Koefisien variasi dapat juga digunakan untuk membandingkan 2 (dua) kelompok data. Koefisien variasi memprediksi masalah yang akan muncul dari sejumlah data. Koefisien variasi dengan nilai lebih dari 0,5 juga menunjukan bahwa sampel sangat *erratic* sehingga dapat mempengaruhi hasil penaksiran akhir.

Analisis Statistik Bivarian

Analisis statistik bivarian digunakan untuk menganalisis distribusi dua buah kumpulan berbeda tetapi terletak pada lokasi yang sama. Statistika bivariat yang umum digunakan adalah diagram pancar (*scatterplot*), yaitu penggambaran dua peubah dalam suatu grafik *x-y*. Variabel yang diestimasi disebut variabel dependen / terikat. Dua parameter penting yang digunakan dalam statistika spasial adalah koefisien korelasi (*r*) dan *root mean squared error* (RMSE).

Nilai koefisien korelasi (*r*) berkisar $-1 \leq r \leq +1$, apabila nilai koefisien korelasi mendekati +1 atau -1, berarti hubungan antarvariabel tersebut semakin kuat dan sebaliknya jika mendekati nilai 0 (nol) maka tidak ada korelasi antar variabel. Koefisien korelasi (*r*) merupakan akar koefisien determinasi yang mendekati satu menunjukan ukuran ketepatan dari hasil estimasi (variabel dependen / sumbu Y) terhadap data sebenarnya (variabel independen / sumbu X) pada garis regresi.

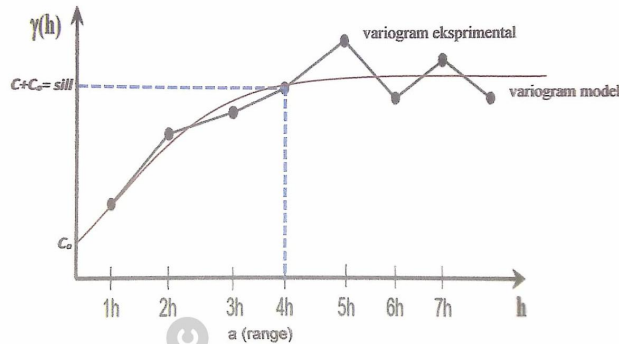
RMSE merupakan nilai yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan atau *error*. Semakin kecil nilai RMSE (mendekati nol) menunjukan akurasi dari nilai prediksi yang diperoleh mendekati nilai sebenarnya. Adapun rumus *root mean squared error* dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}) - \frac{[\sum (x_i - \bar{x})(\sum (y_i - \bar{y}))]}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n-2}}{n-2}} \dots \dots \dots (1)$$

Analisis Statistik Spasial

Perangkat statistik yang digunakan untuk mengkuantifikasi korelasi ruang antar sampel adalah variogram. Variogram terdiri dari dua jenis yaitu variogram eksperimental dan variogram model. Hubungan antara variogram eksperimental dengan variogram model memiliki nilai parameter kecocokan. Cara *fitting* variogram merupakan langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara variogram eksperimental dengan variogram model sehingga diperoleh nilai parameter kecocokan terhadap variogram tersebut. *Fitting* dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter yang terdiri dari *nugget effect* (C_0), *sill*, dan *range* (a). *Fitting* variogram digunakan sebagai masukan data untuk penaksiran metode geostatistik.

Hasil perhitungan variogram eksperimental dan variogram model yang diplot pada suatu koordinat Kartesian berupa jarak antar pasangan data (h) dan variogram ($\gamma(h)$) yang disebut dengan *fitting* variogram, seperti terlihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.1

Fitting Variogram Eksperimental - Variogram Model (Sinclair dan Blackwell, 2005)

Variogram adalah ukuran dari variansi yang menggambarkan karakteristik variabel di antara dua kuantitas (sampel) dari data yang diamati atau data hasil pengukuran di lapangan yang terpisah jarak (h).

Tiga variogram eksperimental pada penelitian adalah variogram eksperimental (kadar), variogram indikator serta *crossvariogram*.

Variogram eksperimental (dalam hal ini data kadar), merupakan variogram yang diperoleh dari perhitungan antar pasangan data sampel (kadar) pada jarak tertentu. Variogram eksperimental digunakan sebagai salah satu parameter untuk metode *kriging*. Matheron (1962) menjelaskan secara matematis persamaan variogram adalah :

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^N [Z(S_{i+h}) - Z(S_i)]^2}{2N(h)} \dots\dots\dots(2)$$

Cressie & Hawkins (1980) menyempurnakan formula Matheron (1962) menjadi suatu persamaan variogram yang *robust* sebagai berikut :

$$\gamma(h) = \frac{\frac{1}{2 |N(h)|} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(S_{i+h}) - Z(S_i)]^2}{0.457 + \frac{0.494}{|N(h)|}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- $\gamma(h)$ = Semivariogram
- $N(h)$ = jumlah pasangan data
- h = jarak tertentu yang mempunyai fungsi vector arah tertentu
- S_i = nilai kadar pada posisi ke- i
- S_{i+h} = nilai kadar pada posisi ke- $(i+h)$

Metode Ordinary Kriging

Penaksiran kadar dengan teknik *ordinary kriging* (OK) banyak digunakan karena sederhana dan mudah dipahami. Penaksiran kadar akan menghasilkan penaksiran sumberdaya yang akurat apabila dilakukan pada nilai koefisien variansi yang kecil. Menurut Journel (1983) penggunaan koefisien variasi data sebagai kriteria untuk penggunaan metode geostatistik linear dan *nonlinear*. Kim (1988) menyarankan untuk berhati-hati menggunakan kriging linear pada koefisien variasi antara 0,5-1,5. Penggunaan teknik OK pada koefisien variasi kurang dari 0,5 menghasilkan taksiran yang dapat dipercaya. Apabila data mempunyai koefisien variasi lebih dari 1,5 teknik kriging linear tidak memberikan hasil yang memuaskan sehingga harus menggunakan metode geostatistik *nonlinear*.

Berdasarkan cara estimasi dan proses pengolahan, metode *ordinary kriging* dibagi menjadi dua macam yaitu *block kriging* dan *point kriging*. Metode *point kriging* adalah metode kriging yang mempunyai ukuran blok/area sangat kecil atau berupa titik, sedangkan metode *block kriging* merupakan susunan dari

beberapa titik yang membentuk blok-blok ukuran besar sesuai dengan ukuran dimensi estimasi yang diinginkan.

Prosedur penaksiran untuk mencari nilai taksiran kriging metode *ordinary kriging* (OK) yaitu mencari koevariansi antar sampel dengan sampel, $C(ij)$ kemudian kovariansi antara sampel dengan blok, $C(iv)$ berdasarkan hubungan $C(h) = C(0) - \gamma'(h)$ sehingga diperoleh persamaan kovariansi. Nilai taksiran pada titik \hat{z} merupakan kombinasi linear antara $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ dan z_1, z_2, \dots, z_n .

Untuk meminimalkan kesalahan digunakan parameter pengali Lagrange, μ . Delivatif terhadap $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ yang meminimalkan variansi galat dan berjumlah satu $\sum_{i=1}^n \lambda_i$

Metode *ordinary kriging* (OK) ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \text{ dengan } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \dots \dots \dots (17)$$

Keterangan :

- \hat{Z} = nilai taksiran kriging
 σ = variansi kriging atau variansi estimasi
 $\sum_{i=1}^n \lambda$ = bobot sampel ke- i
 Z_i = nilai kadar sampel di lokasi- i

Secara umum prosedur metode *ordinary kriging* (OK) adalah sebagai berikut :

1. Hitung variansi sampel atau blok.
2. Untuk setiap titik atau blok lakukan langkah-langkah berikut :
 - a. cari sampel-sampel atau lubang bor terdekat.
 - b. hitung koefisien variansi antar sampel.
 - c. hitung koefisien variansi sampel dan blok.
3. Pecahkan persamaan linier untuk mencari bobot.
4. Hitung taksiran kadar untuk titik atau blok.
5. Hitung variansi kriging.

Variansi kriging tidak berkaitan langsung dengan data. Variansi kriging merupakan fungsi konfigurasi titik sampel dan korelasi spasial. Hubungan antara variogram dan kadar sampel yang dipakai dalam penaksiran direpresentasikan pada model variogram. Variogram tidak pernah didefinisikan secara lokal melainkan secara global (Davis, 1997).

Variansi kriging atau variansi estimasi adalah kesalahan yang terjadi karena akibat kesalahan dalam penilaian suatu blok. Kesalahan ini merupakan selisih mutlak antara nilai sesungguhnya yang tidak pernah diketahui dengan nilai taksiran. Semakin kecil nilai variansi estimasi, maka estimasi tersebut secara kuantitatif menjadi semakin baik. Untuk estimasi menggunakan satu sampel dengan nilai dari sampel tersebut diekstensikan ke dalam suatu volume, dikenal dengan istilah ekstensi dan variansi ekstensi. Sedangkan estimasi berdasarkan beberapa sampel dengan nilai-nilai dari sampel tersebut diekstensikan ke suatu volume yang dikenal dengan estimasi dan variansi estimasi (Darijanto, 2000).

Variansi kriging atau variansi estimasi bukan merupakan presisi penaksiran kriging melainkan indeks konfigurasi data (mengelompok atau menyebar) disekitar blok yang ditaksir. Variansi kriging tidak tergantung pada nilai data tetapi pada jumlah sampel/ sampel yang digunakan dalam penaksiran serta penyebaran (konfigurasi) sampel disekitar blok. Secara intuitif dapat dikatakan bahwa semakin kecil nilai variansi kriging (secara relatif), semakin banyak sampel yang digunakan oleh suatu blok dan semakin merata pula penyebaran sampel disekitar blok yang ditaksir, sehingga semakin besar tingkat kepercayaan kepada hasil taksiran kriging (Sulistiyana, 2002).

Validasi Silang

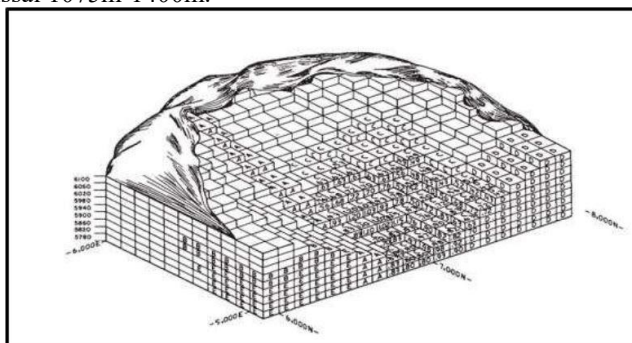
Validasi silang (*crossvalidation*) dilihat untuk melihat apakah hasil estimasi yang telah dilakukan baik atau tidak. *Crossvalidation* merupakan statistic bivarian yang artinya metode ini menganalisis distribusi dua buah variabel yang berbeda tetapi teletak pada lokasi yang sama untuk mengetahui hubungan dan ketergantungan antar variabel.

Parameter *crossvalidation* yang digunakan sebagai tingkat keakuratan antara hasil penaksiran metode *median indicator kriging* (mIK) dan *ordinary kriging* (OK) yaitu *root mean squared error* (RMSE), Koefisien determinasi, dan koefisien korelasi. Pada penelitian ini, parameter *crossvalidation* dianggap memiliki presisi yang baik jika memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. *Root mean squared error* (RMSE), nilai RMSE kecil (mendekati nol)
2. Koefisien *determination* (r^2) berkisar $0 < r^2 < 1$, mendekati angka satu yang menunjukkan ukuran ketepatan garis regresi dari hasil estimasi terhadap data sebenarnya.
3. Koefisien korelasi (r) merupakan parameter hubungan antara dua perubah (variabel) dengan nilai berkisar $-1 \leq r \leq +1$.

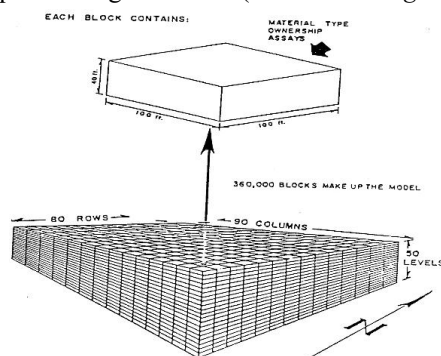
Konsep Model Blok

Permodelan dan penaksiran sumberdaya mineral secara computer didasarkan pada kerangka model blok. Ukuran blok model meruoaakan fungsi geometri mineralisasi di daerah telitian dan sistem penambangan yang akan digunakan. Sketsa blok model 3D dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini. Biasanya permodelan sumberdaya mempunyai batas koordinat ke utara missal 0N–1300N, ke arah timur missal 150E–600E, dan ketinggian missal 1075m-1400m.



Gambar 2.2
Model blok tiga dimensi (Hustrulid & Kutcha, 1995)

Gambar 2.4 dibawah merupakan cntoh ukuran blok (10 x 2 x 5)m berturut-turut ke arah utara, timur dan vertical sebagai satuan penambangan terkecil (*smallest mining unit*).



Gambar 2.3
Model blok tiga dimensi (Hustrulid & Kutcha, 1995)

Perubah (*variable*) yang diperlukan untuk permodelan yaitu topografi daerah penelitian, informasi geologi, kadar mineral, jenis batuan (*rock*), massa jenis (*density*), presentase blok sebagai bagian bijih (*ore*), tonase setiap blok, jumlah minimum komposit.

Model blok adalah model komputer yang membagi cebakan bijih menjadi blok-blok yang seragam. Permodelan dan penaksiran sumberdaya mineral secara komputer didasarkan pada kerangka model blok. Model berbentuk balok dengan dimensi tertentu yang diperoleh dari data lubang bor. Blok memberi informasi yang diperoleh dari data lubang bor, seperti kadar logam, tipe batuan, densitas, dan nilai blok. Blok umumnya berbentuk balok dengan panjang sisi $+1/2-1/3$ jarak lubang bor. Blok dapat berukuran 25x25x15m (15m, umumnya tinggi jenjang penambangan).

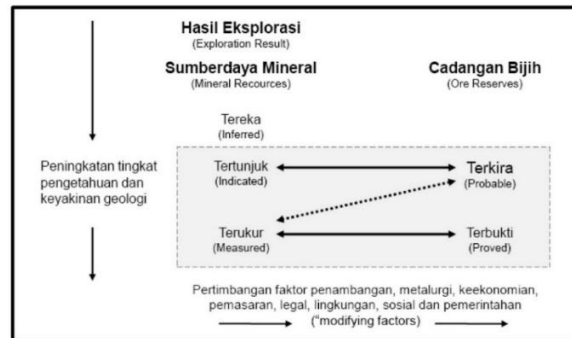
Klasifikasi Sumberdaya Mineral

Menurut Komite Cadangan Mineral Indonesia (KCMII) 2011, klasifikasi sumberdaya mineral dilakukan berdasarkan hubungan antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan bijih seperti Gambar 2.5. Berdasarkan klasifikasi ini, sumberdaya mineral terbagi menjadi 3 kategori yaitu sumberdaya mineral teraka (*inferred*), tertunjuk (*indicated*), dan terukur (*measured*).

Klasifikasi sumberdaya mineral dan cadangan bijih dikelompokan berdasarkan dua kriteria yang menjadi dasar klasifikasi yaitu keyakinan terhadap kondisi geologi dan peningkatan tingkat pengetahuan (kelayakan tambang). Sumberdaya mineral dengan tingkat keyakinan geologi yang paling tinggi masuk dalam klasifikasi sumberdaya *measured*. Klasifikasi dengan tingkat keyakinan geologi paling rendah masuk ke dalam klasifikasi sumberdaya *inferred*.

Klasifikasi sumberdaya mineral (*inferred-indicated-measured*) dapat ditingkatkan menjadi cadangan bila memenuhi syarat faktor pengubah (*modifying factor*) seperti penambangan, pengolahan/pemurnian, ekonomi, teknologi pertambangan, pemasaran, lingkungan, sosial, dan peraturan pemerintah

yang digunakan sebagai bahan pertimbangan. Namun jika tidak memenuhi syarat tersebut akan tetap menjadi sumberdaya mineral.



Gambar 2.4
Hubungan antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan bijih (KCMI, 2011)

Pengklasifikasian sumberdaya emas *epithermal* akan menggunakan nilai jarak rata-rata antar sampel yang kemudian akan dianalisis menggunakan histogram dan dikelompokkan menjadi tiga kategorie, sumberdaya *measured, indicated, inferred*.

3. HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan data yang diperoleh, maka perlu dilakukan pengkajian mengenai variografi dari sampel, pengkajian uji *crossvalidation* dari metode *ordinary kriging*, serta pengkajian mengenai klasifikasi sumberdaya emas *epithermal*.

3.1. Studi Variogram Metode *Ordinary Kriging* (OK)

Analisis variogram digunakan untuk mengetahui karakteristik korelasi spasial atau tingkat kemiripan (variabilitas) dari data *assay* emas *epithermal* dan median tertentu di daerah penelitian. Analisis variogram dilakukan dengan *software* Micromine 2018 yang diawali dengan penentuan parameter penyusun dari variogram eksperimental yang terdiri dari parameter *lags* dan *directions*.

Parameter *lags* pada arah vertikal dan arah horizontal berbeda. Parameter *lags* yang digunakan dalam pencarian data pada arah horizontal sebesar 5 meter yang ditentukan berdasarkan spasi antar titik lubang bor, sedangkan pada arah vertikal disesuaikan dengan jarak dari data *assay* emas *epithermal* per 5 meter kedalaman.

Parameter *directions* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan empat arah utama (*azimuth*) yang representatif yaitu arah 0° , 45° , 90° , dan 135° serta satu arah pencarian ke segala arah (*omnidirectional*) dengan sudut toleransi sebesar 22.5° dan *bandwith* sebesar 15 meter untuk arah horizontal sedangkan arah vertikal menggunakan *bandwith* sebesar 0.5 meter. Penggunaan nilai sudut toleransi (α_{tot}) dan *bandwith* membantu dalam mentoleransi data sampel terhadap jarak. Hal ini dilakukan mengingat kondisi topografi yang tidak datar sehingga data sampel tidak sepenuhnya memiliki jarak antar data sampel yang secara tepat sama. Parameter penyusunan variogram yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1
Parameter penyusun variogram pada data *assay* Au ppm

Arah		<i>Azimuth</i>	<i>Dip</i>	α_{tot}
Horizontal	<i>Omnidirectional</i>	0	0	90
	<i>N-S</i>	0	0	22.5
	<i>NE-SW</i>	45	0	22.5
	<i>E-W</i>	90	0	22.5
	<i>SE-NW</i>	135	0	22.5
Vertikal		0	90	22.5

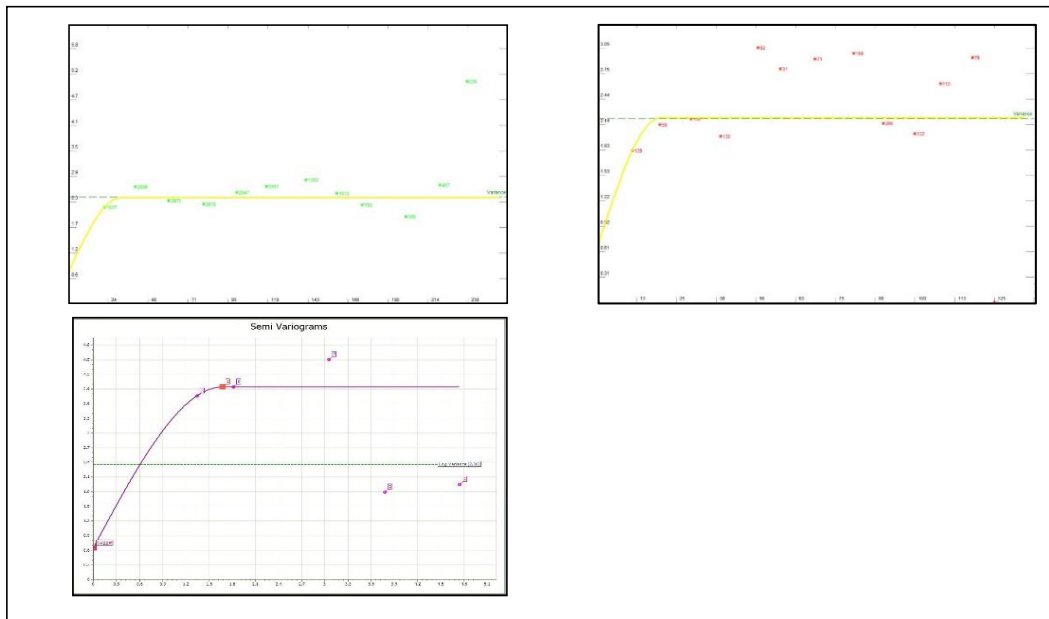
Pencarian variogram pada data *assay* emas *epithermal* dalam bentuk tiga dimensi akan dilakukan terpisah antara arah horizontal dan arah vertikal. Arah vertikal mempunyai struktur yang berbeda dengan arah horizontal. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat model anisotropi 3 struktur yaitu arah *azimuth*, vertikal dan *downhole*.

Perbedaan jarak yang signifikan antara arah vertikal dengan arah horizontal mengakibatkan proses kalkulasi variogram eksperimental dilakukan terpisah walaupun nantinya akan dimodelkan secara bersamaan dalam satu variogram yang disebut dengan variogram gabungan. Dari analisis variogram gabungan tersebut akan mempermudah untuk melakukan *fitting* variogram sehingga diperoleh parameter variogram 3 struktur (Azimuth, vertikal, dan *downhole*) yang akurat.

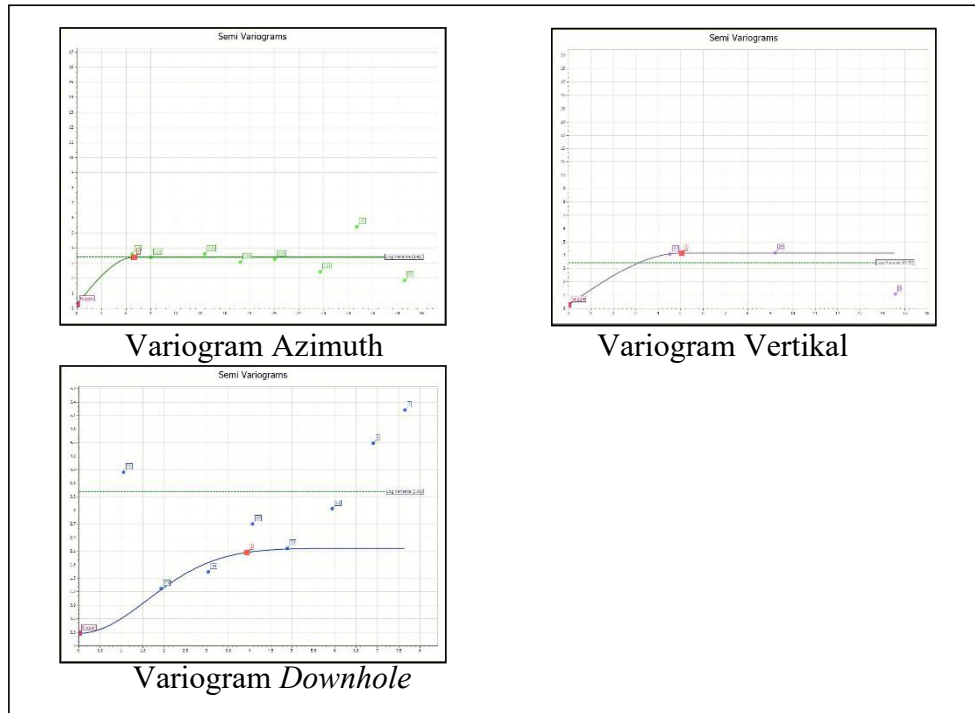
Studi variogram *ordinary kriging* menggunakan data *assay* emas *epithermal* di daerah penelitian. Variogram eksperimental metode *ordinary kriging* pada arah horizontal menggunakan *azimuth* 90°. Hasil *fitting* variogram eksperimental *assay* emas *epithermal* menunjukkan tipe model variogram *spherical*. Tipe variogram model yang dipilih tersebut dipilih berdasarkan perilaku variogram eksperimental. Variogram eksperimental yang telah dari data *assay* emas *epithermal* metode *ordinary kriging* (OK) yang telah dilakukan *fitting* variogram ditunjukkan pada Gambar 3.1-Gambar 3.3 dan parameter hasil *fitting* variogram metode *ordinary kriging* (OK) pada Tabel 3.2 di bawah ini

Tabel 3.2 Parameter hasil *fitting* variogram metode OK

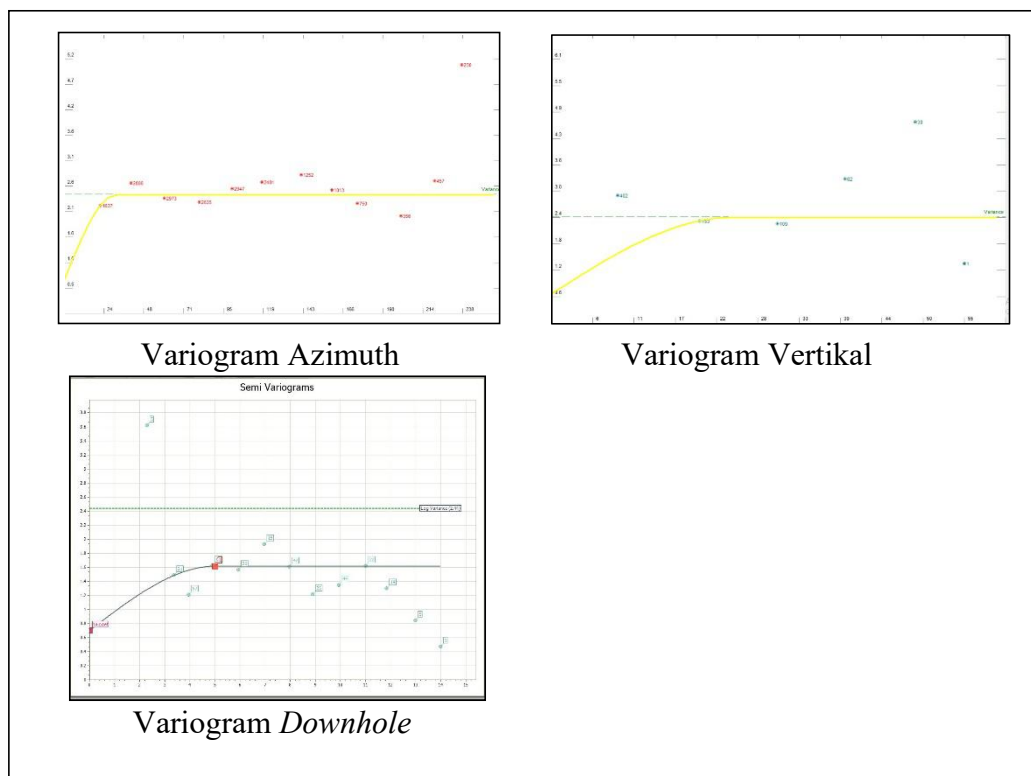
Metode	Domain	Nugget	Partial sill	Range	Azimuth	Plunge
OK	Vein 1	0,62	1,6	14	70	-50
				21	70	40
				8	20	0
OK	Vein 2	0.277	3,11	7.9	70	10
				5.04	189	70
				3.49	34	16.5
OK	Vein 3	0,65	1,73	31	105	0
				24	195	-80
				11	195	10



Gambar 3.1. Hasil *fitting* variogram kadar Au ppm Vein 1 metode OK



Gambar 3.2. Hasil *fitting* variogram kadar Au ppm Vein 2 metode OK



Gambar 3.3. Hasil *fitting* variogram kadar Au ppm Vein 3 metode OK

3.2. Penentuan *Search Ellipsoidal* Metode Geostatistik

Penentuan *search ellipsoidal* merupakan batas pencarian taksiran terhadap sampel emas *epithermal* berdasarkan bentuk *ellipsoidal* yang diperoleh dari hasil *fitting* variogram dari masing-masing metode geostatistik. Parameter *search ellipsoidal* metode geostatistik berbeda-beda dalam penaksirannya,

tergantung pada jarak dan banyaknya jumlah data yang digunakan untuk menaksirkan sumberdaya emas *epithermal*.

Penaksiran sumberdaya emas *epithermal* di sekitar *search ellipsoidal* menggunakan minimal 3 data sampel dan 25 data sampel dari data *assay* emas *epithermal* di daerah penelitian, sedangkan batas jarak *search ellipsoidal* yang masih dapat ditoleransi pencarian data dari arah vertikal dan horizontal dalam penaksiran sumberdaya emas *epithermal* yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Penentuan nilai parameter jarak *search ellipsoidal* metode geostatistik diperoleh dari jarak (range) maksimal dari hasil *fitting* variogram pada setiap metode geostatistik tiap-tiap vein. Jarak *ellipsoidal* pada arah horizontal untuk nilai *range* (mayor) diperoleh dari nilai maksimum, sedangkan nilai *range* (minor) dari nilai minimum. Jarak *ellipsoidal* pada arah vertikal untuk *range* (elevasi) menggunakan *range* variogram *downhole*.

Tabel 3.3
Parameter jarak *search ellipsoidal* metode geostatistik

Range (sumbu)		
Mayor	Minor	Elevasi
31	5.04	11

3.3. Crossvalidation Metode Geostatistik

Crossvalidation merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari hasil estimasi kadar emas *epithermal* metode geostatistik terhadap data *assay* emas *epithermal*. Data hasil estimasi kadar emas *epithermal* metode geostatistik diletakkan pada sumbu Y (dependent/terikat) sedangkan data *assay* emas *epithermal* diletakkan pada sumbu X (independent/bebas).

Berikut adalah tabulasi parameter *crossvalidation* metode geostatistik :

Tabel 3.4
Parameter *crossvalidation* metode geostatistik pada vein 1

Parameter	OK
Coef. Det (r^2)	0.321
Coef. Corr (r)	0.103
RMSE	0.845

3.4. Analisis Penaksiran Sumberdaya Emas *Epithermal*

Analisis penaksiran metode geostatistik yaitu untuk mengetahui taksiran sumberdaya emas *epithermal* di daerah penelitian dari data *assay* emas *epithermal*. Hasil penaksiran metode geostatistik menghasilkan satu nilai estimasi kadar emas *epithermal* yang mewakili seluruh model blok masing-masing *vein* sumberdaya emas *epithermal* di daerah penelitian berdasarkan data *assay* emas *epithermal*.

Pengklasifikasian sumberdaya emas *epithermal* (*measured*/terukur, *indicated*/tertunjuk, dan *inferred*/tereka) berdasarkan pada jarak rata-rata antar sampel yang dianalisis menggunakan histogram dengan melihat modusnya, sehingga diperoleh tabulasi sumberdaya emas *epithermal* pada daerah penelitian yang ditunjukkan pada table 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5
Tabulasi unit blok sumberdaya emas *epithermal*

Sumberdaya		
<i>Measured</i>	<i>indicated</i>	<i>inferred</i>
3263	585	4616

Berdasarkan perolehan tabulasi sumberdaya emas *epithermal* untuk setiap metode geostatistik maka dapat diketahui kadar rata-rata dan sumberdaya emas *epithermal* pada daerah penelitian. Adapun hasil estimasi kadar blok rata-rata emas *epithermal*. Masing-masing klasifikasi setiap metode geostatistik ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Volume sumberdaya emas *epithermal* diperoleh dari hasil perkalian antara banyaknya unit blok sumberdaya emas *epithermal* dengan luasan *grid* (4x4x4) sedangkan tonase diperoleh dari hasil perkalian

antara volume dengan densitas. Nilai densitas *vein epithermal* yang digunakan secara umum untuk sumberdaya emas *epithermal* pada daerah penelitian sebesar 2.5.

Tabel 3.6 Hasil estimasi kadar blok rata-rata emas *epithermal*

Kadar blok rata-rata Au ppm		
<i>measured</i>	<i>indicated</i>	<i>inferred</i>
2.237	3.376	1.8

Tabel 3.7 Hasil penaksiran sumberdaya emas *epithermal*

Sumberdaya	
Volume (m ³)	
<i>Measured</i>	11043
<i>Indicated</i>	2037
<i>Inferred</i>	16127
Tonase (ton)	
<i>Measured</i>	27607
<i>Indicated</i>	5092
<i>Inferred</i>	40317

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari estimasi sumberdaya emas *epithermal* di wilayah Pit X, PT. Indo Muro Kencana, Kec. Tanah Siang, Kab. Murung Raya, Kalimantan Tengah adalah sebagai berikut :

1. Hasil penaksiran sumberdaya emas *epithermal* metode *ordinary kriging* (OK) berdasarkan nilai jarak rata-rata antar sampel menghasilkan sumberdaya *measured* (terukur) sebanyak 27607 ton dengan kadar rata-rata 2.237 Au ppm, sumberdaya *indicated* (tertunjuk) sebesar 5092 ton dengan kadar rata-rata 3.376 Au ppm dan sumberdaya *inferred* (tereka) sebanyak 40317 ton dengan kadar rata-rata 1.8 Au ppm
2. Hasil penaksiran sumberdaya emas *epithermal* dari metode *ordinary kriging* (OK) menunjukkan arah penyebaran sumberdaya emas *epithermal* pada arah penyebaran timur-tenggara dan barat-barat laut.
3. Perlu pengkajian menggunakan metode geostatistik non-linear dikarenakan uji *crossvalidation* metode *ordinary kriging* menunjukkan data yang masih belum mendekati nilai asli data *assay* sebenarnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya terhadap keluarga besar yang telah memberikan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

Textbooks:

- [1] Kim Y.C. Advanced Geostatistics for Higly Skewed Data. 1989
- [2] Cressie. Statistics for Spatial Data. 1993.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, SNI Amandemen 1-SNI-13-4726-1998 (2011), Klasifikasi Sumberdaya dan cadangan”, Direktorat Sumberdaya Mineral dan Batubara
- [4] Journel. Non-Parametric Estimation of Spatial Distributions. 1983

[5] Hustrulid, Kutcha. Open Pit, Mine Planning and Design. 1995

Edited book:

[1] Edward H, Isaaks, R. Mohan Srivastava. An Intrudocion To Applied Geostatistics. 1989

Other Journals :

[1] N.A. Amri, Hartono, H.T. Siri. Kriging by Partition : Case of Ciurug Gold Vein. 2018

[2] K.A. Salomon. Geostatistical Estimation of a Paleoplacer Deposit With Hard Geological Boundary : A Case Study of Tarkwa Gold Mine. 2018

[3] W.S. Bargawa, N.A. Amri. Mineral Resources Estimation Based on Block Modeling. 2016