

ESTIMASI KANDUNGAN HASIL TAMBANG MENGGUNAKAN ORDINARY INDICATOR KRIGING

Aldila Abid Awali¹, Hasbi Yasin², Rita Rahmawati³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM UNDIP

ABSTRAK

Kriging merupakan analisis data geostatistika yang digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut. Kriging merupakan suatu metode interpolasi yang menghasilkan prediksi atau estimasi tak bias dan memiliki kesalahan minimum. Indikator kriging adalah suatu metode estimasi yang tidak membutuhkan asumsi normalitas data dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan. Indikator kriging yang dijalankan berdasarkan prinsip dari *ordinary kriging* disebut juga dengan *ordinary indicator kriging*. Pada studi kasus ini dilakukan estimasi kandungan besi di Morowali Sulawesi Tengah menggunakan metode *ordinary indicator kriging*. Data yang digunakan berupa data titik koordinat dan kandungan besi. Hasil yang diperoleh merupakan nilai yang mempresentasikan probabilitas lokasi yang masuk dalam kategori zona potensial dan non potensial beserta nilai *variansi errornya*. Berdasarkan analisis diperoleh suatu plot yang menggambarkan lokasi yang masuk dalam zona potensial tambang besi yaitu pada koordinat absis (7150–7210), ordinat (54180–54540), dan kedalaman yang berkisar antara (440–500) meter serta pada koordinat absis (7710–8130), ordinat (54800–54960), dan pada kedalaman yang berkisar antara (327–342) meter.

Kata kunci : indikator kriging, *ordinary indicator kriging*, besi, potensial

ABSTRACT

Kriging is a geostatistical analysis of the data used to estimate the value that represents a no sample point based sample point in the surrounding by considering the spatial correlation in the data. Kriging is an interpolation method that generates unbiased predictions or estimations and has a minimum error. Indicator kriging is an estimation method that does not require the assumption of normality of data and can also be used to treat data that have a significant outlier. The indicator kriging that based on the principle of ordinary kriging also called ordinary indicator kriging. In this case study conducted Morowali estimated iron content in Central Sulawesi using ordinary indicator kriging method. The data used in the form of data coordinate point and iron content. The results obtained are presented probability value locations that fall within the zone of potential and non potential with the value the error variance. Based on the analysis to obtain a plot depicting the location of the entry in the zones of potential iron mine on the abscissa coordinate (7150–7210), the ordinate (54180–54540), and the depth ranges (440–500) meters and also the coordinates of the abscissa (7710–8130), the ordinate (54800–54960), and depths ranging from (327–342) meters.

Keywords: indicator kriging, ordinary indicator kriging, iron, potential

1. PENDAHULUAN

Geostatistika merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk mengolah data geologi dan terdapat informasi spasial. Tujuan dari analisis geostatistika adalah untuk memprediksi suatu bagian sebuah himpunan yang tersebar secara spasial dari hasil pengukuran sehingga dapat dilakukan interpolasi pada data. Daniel Krige seorang insinyur pertambangan Afrika Selatan dalam master tesisnya “*A Statistical Approach to Some Mine Valuations and Allied Problems*”, pada Universitas Witwaterstand Afrika Selatan tahun 1951, memperkenalkan salah satu metode penaksiran yang digunakan untuk menangani variabel yang mempunyai nilai bervariasi dengan berubahnya lokasi atau tempat yang sering disebut dengan variabel terregionalisasi. Metode penaksiran yang digunakan untuk menangani variabel terregionalisasi disebut dengan metode kriging^[1].

Dalam perkembangannya, ada beberapa metode kriging yang dikembangkan untuk data geostatistika. Salah satu metode pengembangan dari kriging yang dapat digunakan adalah indikator kriging. Indikator kriging tidak membutuhkan asumsi normalitas data dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan. Dalam indikator kriging, data kontinu akan dikodifikasi berdasarkan nilai *threshold* (ambang batas) yang telah ditentukan^[2]. Indikator kriging yang dijalankan berdasarkan prinsip *ordinary kriging* disebut dengan istilah *ordinary indicator kriging*. Output dari *ordinary indicator kriging* merupakan nilai estimasi pada ambang batas yang telah ditentukan. Atas dasar inilah dalam penelitian ini, *ordinary indicator kriging* akan digunakan sebagai metode untuk menentukan seberapa besar peluang dari suatu lokasi pengamatan mempunyai kandungan yang berpotensi menghasilkan produksi yang diinginkan.

Dalam penulisan ini, tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui langkah-langkah untuk pengestimasi kandungan hasil tambang menggunakan metode *ordinary indicator kriging* dan penerapannya dalam mengestimasi kandungan besi di Morowali, Sulawesi Tengah menggunakan metode *ordinary indicator kriging* sehingga dapat diketahui lokasi yang termasuk dalam kategori zona potensial atau non potensial tambang besi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Spasial

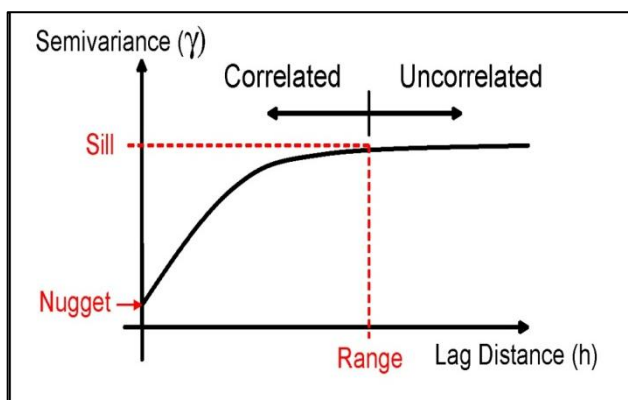
Data spasial adalah jenis data yang diperoleh dari hasil pengukuran yang memuat informasi mengenai lokasi dan pengukuran. Data ini disajikan dalam posisi geografis dari suatu obyek, berkaitan dengan lokasi, bentuk dan hubungan dengan obyek-obyek lainnya, dengan menggunakan titik, garis dan luasan. Data spasial dapat berupa data diskrit atau kontinu dan dapat juga memiliki lokasi spasial beraturan (*regular*) maupun tak beraturan (*irregular*). Data spasial dikatakan mempunyai lokasi yang *regular* jika antara lokasi yang saling berdekatan satu dengan yang lain mempunyai posisi yang beraturan dengan jarak sama besar, sedangkan dikatakan *irregular* jika antara lokasi yang saling berdekatan satu dengan yang lain mempunyai posisi yang tidak beraturan dengan jarak yang berbeda. Berdasarkan jenis data, terdapat 3 tipe mendasar data spasial yaitu data geostatistika (*geostatistical data*), data area (*lattice data*), dan pola titik (*point pattern*)^[1].

2.2. Semivariogram Eksperimental

Semivariogram adalah perangkat dasar dari geostatistik untuk visualisasi, pemodelan dan eksploitasi autokorelasi spasial dari variabel ter regionalisasi. Semivariogram Eksperimental adalah semivariogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran. Semivariogram dapat digunakan untuk mengukur korelasi spasial berupa variansi selisih pengamatan pada lokasi s dan lokasi berjarak $s + h$ ^[1]. Taksiran semivariogram eksperimental pada jarak h adalah sebagai berikut:

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

Gambar plot semivariogram eksperimental adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Semivariogram Eksperimental

2.3. Semivariogram Teoritis

Dalam analisis data geostatistika proses pencocokan antara semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis ini disebut analisis struktural (*structural analysis*). Selain itu, analisis struktural juga bisa dilakukan dengan cara perbandingan *mean square error* (MSE) dari masing-masing semivariogram

teoritis. Ada beberapa model semivariogram teoritis yang diketahui dan biasanya digunakan sebagai pembanding dari semivariogram eksperimental^[3]:

1. Model Spherical

Bentuk semivariogram ini dirumuskan sebagai berikut:

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

2. Model Eksponensial

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

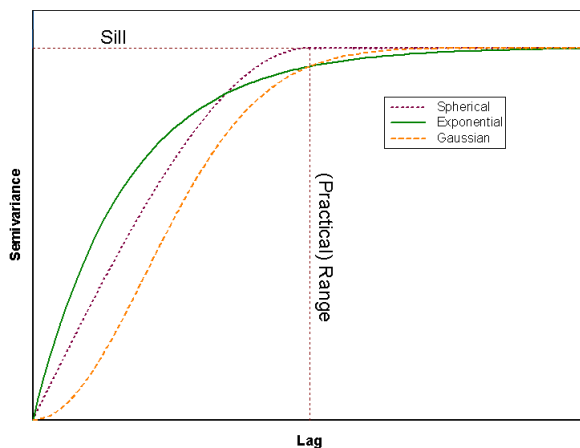
$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right]$$

3. Model Gaussian

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

$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp\left(-\frac{h^2}{a}\right) \right]$$

Berikut gambar ketiga model *semivariogram teoritis* :



Gambar 2. Model *Semivariogram Teoritis*

2.4. Ordinary Indicator Kriging

Kriging merupakan analisis data geostatistika yang digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut. Kriging merupakan suatu metode interpolasi yang menghasilkan prediksi atau estimasi tak bias dan memiliki kesalahan minimum. Metode estimasi ini menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Semivariogram juga menunjukkan bobot yang digunakan dalam interpolasi. Estimator kriging $\hat{Z}(s)$ didefinisikan sebagai berikut^[4]:

$$\hat{Z}(s) - m(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(s_i) - m(s_i)]$$

Estimasi error pada setiap lokasi merupakan perbedaan antara nilai prediksi $\hat{Z}(s)$ dengan nilai sebenarnya $Z(s)$, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{e}(s) = \hat{Z}(s) - Z(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) - Z(s)$$

Tujuan dari kriging adalah menentukan nilai koefisien pembobotan (λ_i) yang meminimumkan variansi errornya:

$$\sigma_E^2(s) = var \left[\hat{Z}(s) - Z(s) \right]$$

Dengan pendekatan tak bias $E\left(\hat{Z}(s) - Z(s)\right) = 0$

Banyak metode yang dapat digunakan dalam metode kriging namun berdasarkan asumsi mean yang digunakan maka dapat dibedakan menjadi tiga yaitu *Simple Kriging*, *Ordinary Kriging*, dan *Universal Kriging*. *Simple Kriging* mengasumsikan bahwa mean konstan dan diketahui. *Ordinary Kriging* mengasumsikan bahwa mean konstan dan tidak diketahui, sedangkan *Universal Kriging* mengasumsikan bahwa mean tidak konstan dan berubah sesuai lokasi^[4]. Dalam perkembangannya, ketiga metode tersebut menjadi dasar dalam pengembangan metode kriging seperti : *Probability Kriging*, *Disjunctive Kriging*, *Cokriging*, *Bayesian Kriging* dan *Indicator Kriging*.

Indikator kriging adalah suatu metode estimasi dalam dunia industri tambang dan bahkan telah digunakan oleh para ahli lingkungan untuk memetakan daerah rawan bencana. Indikator kriging tidak membutuhkan asumsi normalitas data dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan^[2]. Estimasi dengan menggunakan indikator kriging adalah nilai data tersampel akan dikodifikasi ke dalam nilai indikator berdasarkan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. Nilai yang melebihi nilai batas yang telah ditentukan diberi kode 0, sedangkan untuk nilai yang berada di bawah ambang batas diberi kode 1^[5].

$$I(s; Z_k) = \begin{cases} 1, & \text{jika } Z(s) \leq Z_k \\ 0, & \text{jika } Z(s) > Z_k \end{cases}$$

Nilai dari $\hat{I}(s; Z_k)$ dapat diperoleh melalui kriging dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\hat{I}(s; Z_k) = \sum_{i=1}^n \lambda_i I(s; Z_k)$$

Ordinary indicator kriging adalah indikator kriging yang dijalankan berdasarkan prinsip dari *ordinary kriging* untuk memperoleh nilai bobot yang akan digunakan untuk menghitung nilai $\hat{I}(s; Z_k)$. Nilai yang dihasilkan akan berkisar antara 0 dan maksimal 1 atau bernilai $0 \leq \hat{I}(s; Z_k) \leq 1$. Nilai ini mempresentasikan probabilitas suatu lokasi untuk mempunyai kandungan kurang dari atau sama dengan *threshold* yaitu lokasi yang dikategorikan sebagai zona non potensial.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini berupa data sekunder tentang kandungan besi di Morowali Sulawesi Tengah yang diperoleh dari P.T Pamapersada Nusantara yang diambil dari Skripsi "Analisis Geostatistika Menggunakan *Ordinary Cokriging*" yang disusun oleh Rahma Dewi Permana Mahasiswi Statistika Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Data tersebut berjumlah 144 data, terdiri dari titik koordinat (X,Y,D) dan kandungan besi (Fe).

3.2. Variabel Data

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan terdiri dari empat variabel yaitu :

- X : Titik koordinat absis (meter)
- Y : Titik koordinat ordinat (meter)
- D : Kedalaman (meter)
- Fe : Kandungan Besi (%)

3.3. Teknik Pengolahan Data

Data yang digunakan diolah dengan menggunakan perangkat lunak R 2.15.0 khususnya *packages 'gstat'* untuk menghitung nilai semivariogram eksperimental dan juga untuk melakukan estimasi pada lokasi yang tidak tersampel. *Microsoft Excel* digunakan untuk membuat suatu tampilan yang berupa grafik semivariogram, sedangkan untuk visualisasi data pemetaan akan digunakan *Matlab R2008a*. Adapun langkah-langkah untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

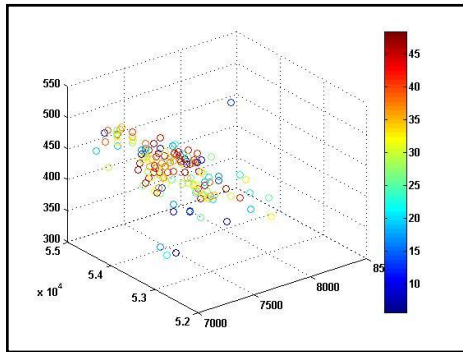
1. Uji asumsi stasioneritas.
2. Menentukan nilai ambang batas (*threshold*). Penentuan ini berdasarkan keinginan peneliti yang disesuaikan dengan referensi yang ada.
3. Kodifikasi data kandungan besi ke dalam nilai indikator berdasarkan nilai *threshold* yang telah ditentukan.
4. Menghitung semivariogram eksperimental.
5. Analisis struktural.

6. Estimasi kandungan besi menggunakan *ordinary indicator kriging*.
7. Membuat plot hasil estimasi.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Asumsi Stationeritas

Pengujian Data dikatakan stasioner apabila plotnya tidak mengandung kecenderungan trend tertentu. Hal ini terlihat dengan keacakan warna kandungan pada plot atau tidak membentuk suatu gradasi warna tertentu. Berikut ini plot data kandungan besi yang tersampel di Morowali Sulawesi Tengah:



Gambar 3. Plot Data Besi Tersampel

Dari gambar diatas menunjukkan warna yang terkandung di dalam plot tersebut bersifat acak atau tidak membentuk gradasi warna tertentu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi stationeritas terpenuhi.

4.2. Kodifikasi Data

Pada estimasi dengan menggunakan indikator kriging, nilai data asli akan dikodifikasi ke dalam nilai indikator berdasarkan nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. Nilai asli yang melebihi nilai batas yang telah ditentukan diberi kode 0, sedangkan untuk nilai yang berada di bawah ambang batas diberi kode 1. Dalam studi kasus ini akan digunakan *threshold* (Z_k) sebesar 30%. Penentuan standart ini mengamsusikan bahwa perusahaan akan memperoleh keuntungan jika melakukan penambangan besi dengan kadar lebih dari 30% sehingga akan dibentuk data baru sebagai berikut :

$$I(s; 30) = \begin{cases} 1, & \text{jika } Z(s) \leq 30 \\ 0, & \text{jika } Z(s) > 30 \end{cases}$$

Berikut ini adalah contoh data hasil kodifikasi dari data besi berdasarkan nilai *threshold* yang telah ditentukan:

Tabel 1. Kodifikasi Data Kandungan Besi

No	X	Y	D	Fe	Ind
1	7554.88	52778.56	384.81	6.43	1
2	7770.63	52779.94	392.61	19.20	1
3	7963.03	52811.81	368.05	31.90	0
4	7408.63	52990.31	392.56	25.33	1
5	7191.16	53008.44	347.37	5.74	1
6	8020.16	53016.19	387.73	25.50	1
7	7827.59	53046.13	426.56	32.55	0
8	7191.50	53216.38	336.24	21.50	1
9	7767.38	53222.75	396.46	31.06	0
10	7571.38	53229.38	439.03	20.56	1

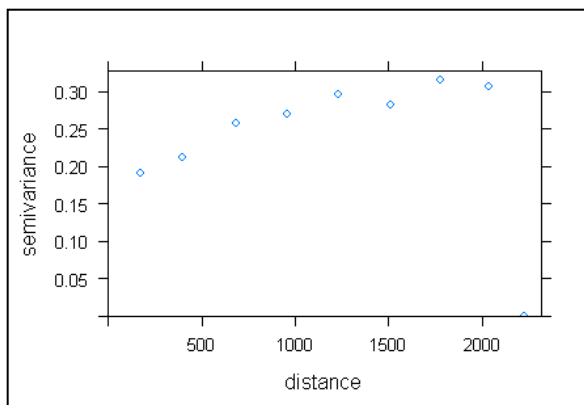
4.3. Analisis Struktural

Analisis ini merupakan sebuah proses pencocokan semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis. Langkah awal untuk menghitung semivariogram eksperimental ini adalah dibuat pasangan data dengan kombinasi 2 data dari n data. Dalam studi kasus ini terdapat 144 data sehingga diperoleh $C(144,2) = 10296$ pasangan data. Berdasarkan taksiran semivariogram eksperimental dan dijalankan dengan program R diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Semivariogram Eksperimental Besi

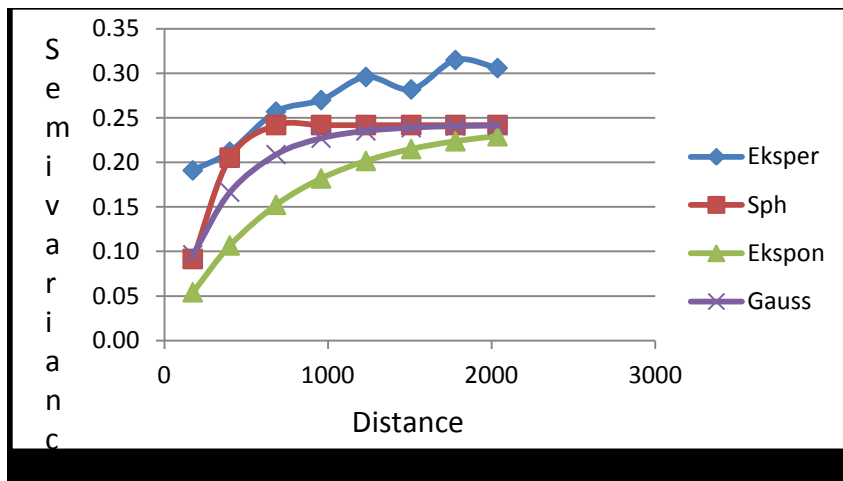
Kelas	Pasangan	Jarak (m)	Semivariogram
1	2224	174.349	0.191
2	2648	400.256	0.212
3	1680	683.308	0.257
4	1252	958.642	0.270
5	917	1232.373	0.296
6	766	1509.040	0.282
7	553	1779.263	0.315
8	253	2036.688	0.306
9	3	2228.123	0.000

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa pasangan data terbanyak berada pada kelas kedua dengan rata-rata jarak 400.256 meter yaitu sebanyak 2648 pasangan data dengan nilai semivariogram sebesar 0.212. Dari analisis diperoleh nilai sill (variansi dari data besi yang telah dikodifikasi) sebesar 0.242 dan nilai range sebesar 687.5 yang diperoleh dari nilai tengah jarak pada kelas yang semivariogramnya mendekati nilai sillnya. Plot semivariogram eksperimentalnya sebagai berikut:



Gambar 4. Plot Semivariogram Eksperimental Besi

Setelah diperoleh nilai sill dan *range*, maka selanjutnya akan dilakukan analisis struktural yaitu proses pencocokan antara semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis yang mempunyai bentuk kurva paling mendekati dengan semivariogram eksperimental tersebut. Plot keempat model semivariogram besi yang terdiri dari model eksperimental, model *spherical*, model eksponensial dan model gaussian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Plot Empat Model Semivariogram Besi

Hasil analisis struktural diperoleh semivariogram teoritis yang sesuai untuk kandungan besi tersebut adalah semivariogram model *spherical*. Hal ini terlihat pada gambar yang menunjukkan model yang mendekati model eksperimental yaitu model *spherical*. Untuk lebih menyakinkan maka digunakan perbandingan nilai MSE dari masing-masing semivariogram teoritis yang digunakan dan dipilih model yang memiliki MSE terkecil dibandingkan kedua model semivariogram teoritis lainnya sehingga yang terpilih model *spherical* dengan MSE sebesar 0.009.

Tabel 3. Analisis Struktural

Batas kelas	np	Jarak	Eks per	Sph	Eks pon	Gauss	error Sph ^2	error Ekspon ^2	error Gauss ^2
0 – < 275	2224	174.349	0.191	0.092	0.054	0.096	0.010	0.019	0.009
275 – < 550	2648	400.256	0.212	0.205	0.107	0.166	0.000	0.011	0.002
550 – < 825	1680	683.308	0.257	0.242	0.152	0.209	0.000	0.011	0.002
825 – < 1100	1252	958.642	0.270	0.242	0.182	0.227	0.001	0.008	0.002
1100 – < 1375	917	1232.373	0.296	0.242	0.202	0.235	0.003	0.009	0.004
1375 – < 1650	766	1509.040	0.282	0.242	0.215	0.239	0.002	0.004	0.002
1650 – < 1925	553	1779.263	0.315	0.242	0.224	0.241	0.005	0.008	0.006
1925 – < 2200	253	2036.688	0.306	0.242	0.229	0.241	0.004	0.006	0.004
2200 – < 2475	3	2228.123	0.000	0.242	0.233	0.242	0.059	0.054	0.058
Mean							0.009	0.014	0.010

4.5. Estimasi Kandungan Besi

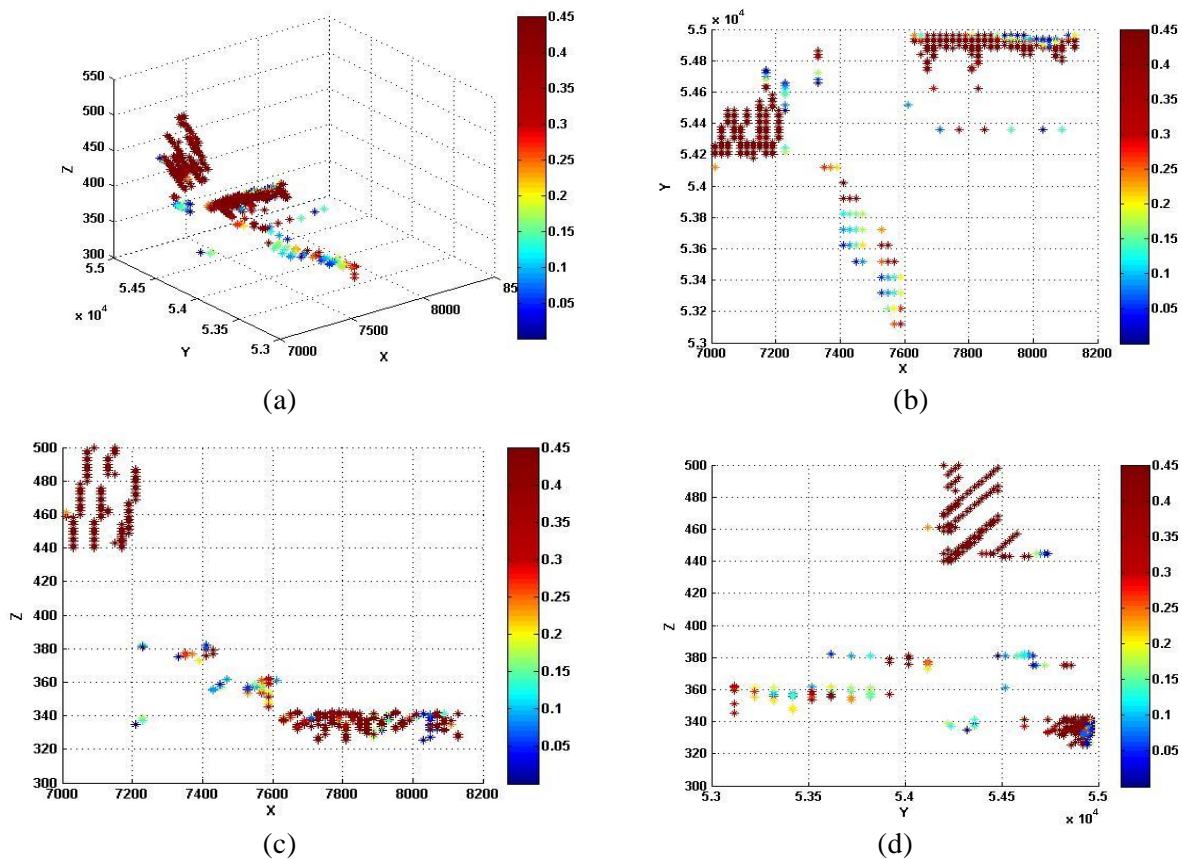
Setelah memperoleh bentuk semivariogram teoritis yang sesuai dengan data, maka semivariogram tersebut akan digunakan untuk mengestimasi besi. Pada penelitian ini estimasi dilakukan untuk 500 lokasi. Berdasarkan rumus dan dijalankan dengan program R, maka didapatkan hasil estimasi kandungan besi di Morowali, Sulawesi Tengah. Contoh hasil estimasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Contoh Hasil Estimasi Kandungan Besi

No	X	Y	D	$\hat{I}(s; Z_k)$	Error	Keterangan
1	7030	54200	440	0.5561	0.0818	Non Potensial
2	7030	54220	442	0.5351	0.0866	Non Potensial
3	7030	54240	444	0.5202	0.0905	Non Potensial
4	7030	54260	446	0.5103	0.0936	Non Potensial
5	7030	54280	448	0.5038	0.0962	Non Potensial
6	7030	54300	450	0.4990	0.0984	Potensial
7	7030	54320	452	0.4941	0.1004	Potensial
8	7030	54340	454	0.4873	0.1022	Potensial
9	7030	54360	456	0.4776	0.1037	Potensial
10	7030	54380	458	0.4643	0.1048	Potensial

Intrepretasi tabel di atas misalnya estimasi pada lokasi (7030, 54200, 440) untuk mempunyai kandungan besi kurang dari sama dengan 30% adalah sebesar 0.5561 artinya lokasi ini dapat dikatakan sebagai zona non potensial tambang besi karena nilai peluang untuk mempunyai kandungan besi kurang dari sama dengan 30% relatife besar yaitu lebih dari 50%. Sedangkan pada lokasi (7030, 54380, 458) dapat dikatakan sebagai zona potensial tambang besi karena nilai peluang untuk mempunyai kandungan besi kurang dari sama dengan 30% relatife kecil yaitu sebesar 0.4643.

Dari tabel estimasi tersebut akan dibuat plot hasil estimasi kandungan besi berdasarkan koordinat lokasinya. Hasil plot akan menunjukkan letak dari titik-titik estimasi dan juga gradasi warna sesuai dengan tingkat kedalaman dari hasil estimasi kandungan besi.



Gambar 6.

- (a) Plot Hasil Estimasi Kandungan Besi dari Koordinat (X,Y,D)
- (b) Plot Hasil Estimasi Kandungan Besi dari Koordinat (X,Y)
- (c) Plot Hasil Estimasi Kandungan Besi dari Koordinat (X,D)
- (d) Plot Hasil Estimasi Kandungan Besi dari Koordinat (Y,D)

Dari keempat gambar plot tersebut dapat dilihat bahwa titik-titik yang berwarna merah adalah hasil estimasi kandungan besi yang nilai kandungannya lebih dari 30% sehingga dapat dikategorikan sebagai zona potensial atau daerah yang berpotensi untuk tambang besi. Sedangkan warna yang lain adalah hasil estimasi kandungan besi yang nilai kandungannya kurang dari 30% sehingga dapat dikategorikan sebagai zona non potensial atau kurang berpotensi untuk tambang besi. Dari Gambar 6(b) menunjukkan bahwa lokasi yang berpotensi sebagai tambang besi ada pada koordinat absis (7150–7210) dengan ordinat (54180–54540) dan pada koordinat absis (7710–8130) dengan ordinat (54800–54960). Sedangkan dari Gambar 6(c) dan Gambar 6(d) dapat dilihat kedalaman pengeboran yang berpotensi untuk tambang besi berkisar antara (327–342) dan (440–500) meter.

4. KESIMPULAN

Salah satu Metode *ordinary indicator kriging* merupakan salah satu metode dari kriging yang berfungsi untuk memprediksi atau mengestimasi kandungan tambang dalam dunia industri pertambangan. Metode ini dapat diterapkan pada data yang tidak membutuhkan asumsi normalitas dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan. Hasil perhitungan semivariogram eksperimental didapatkan nilai *sill* sebesar 0.242 dan nilai *range* sebesar 687.5 Sedangkan dari analisis struktural diperoleh semivariogram teoritis yang sesuai untuk kandungan besi tersebut yaitu semivariogram model *spherical*. Hasil akhir estimasi kandungan besi di Morowali Sulawesi Tengah menggunakan *ordinary indicator kriging* adalah berupa plot yang menggambarkan lokasi yang masuk dalam zona potensial tambang besi yaitu pada koordinat absis (7150–7210), ordinat (54180–54540), dengan kedalaman yang berkisar antara (440–500) meter dan pada koordinat absis (7710–8130), ordinat (54800–54960), dengan kedalaman yang berkisar antara (327–342) meter.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Cressie, N.A.C. 1993. *Statistics For Spatial Data*. John Wiley and Sons, Inc. New York
2. Kim, Y.C. 1988. *Advanced Geostatistics For Highly Skewed Data*. Department of Mining and Geological Engineering. Arizona University.
3. Bohling, G. 2005. *Introduction to Geostatistics and Variogram Analysis*. (<http://people.ku.edu/~gbohling/cpe940/Kriging>, diakses tanggal 20 Mei 2012).
4. Bohling, G. 2005. *Kriging*. (<http://people.ku.edu/~gbohling/cpe940/Kriging>, diakses tanggal 16 Mei 2012)
5. Lloyd, C.D and Atkinson, P.M. 2001. *Assesing Uncertainty in Estimates with Ordinary and Indicator Kriging*. School of Geography The Queen's University of Belfast. Northern Ireland, UK.

