

DAFTAR PUSTAKA

- Hutabarat, I.E.R. (2016). *Development of a New Hydrometallurgy Process for Indonesia Copper Sulphide*. Disertasi yang tidak dipublikasikan, Non Ferrous Metallurgy Institute University of Leoben Austria.
- Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara (2010). *Kebijakan Peningkatan Nilai Tambah*.
- Suhala, S. dan Arifin, M. (1997). *Bahan Galian Industri*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara
- Suprpto, J.S. (2010). *Sumber Daya Emas untuk Pertambangan Rakyat*. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi.
- Modul Peningkatan Nilai Tambah Bijih Mangan. (2012). PPSDM Geominerba, BPSDM, Kementerian ESDM
- PT. Indo Bumi Agung Super. *Calcium Carbonate*. Diakses 6 Juni 2018 dari <http://www.iba.co.id/produk/calcium-carbonate/>
- Alibaba.com: *Global Trade Starts Here*. Diakses 6 Juni 2018 dari <https://www.alibaba.com/showroom/calcium-carbonate-price-per-kg.html>

APLIKASI METODE GEOSTATISTIK MULTIVARIAT UNTUK ESTIMASI ZONA *BEDROCK* ENDAPAN NIKEL LATERIT

The Application of Multivariate Geostatistical Method for the Estimation of Bedrock Zone of Nickel Laterite Deposit

Arif Budiyo

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi, Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211, Telp. 022-6076756, Faks. 022-6035506
E-mail: arif.budiyo@esdm.go.id

ABSTRAK

Permasalahan dalam eksplorasi endapan nikel laterit mengemuka ketika terjadi pemboran menggantung yang belum menembus zona *bedrock*. Hal ini mengakibatkan model sumber daya endapan nikel laterit menjadi tidak optimal karena pada penambangan nikel laterit dilakukan sampai dengan zona *bedrock*. Metode geostatistik multivariat digunakan untuk mengestimasi zona *bedrock* pada lokasi pemboran menggantung dengan memanfaatkan elevasi zona *high saprolite* sebagai data sekunder. Data elevasi zona *bedrock* dari data pemboran rampung dijadikan sebagai data utama. Dibandingkan dengan kriging biasa, pendekatan teknik *ordinary cokriging* pada metode geostatistik multivariat terbukti dapat meningkatkan hasil estimasi karena statistik nilai varians estimasi menjadi lebih kecil.

Kata kunci: *bedrock, cokriging, varians estimasi*

ABSTRACT

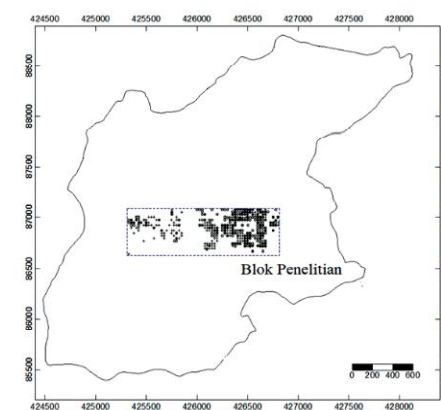
The problems in the exploration of lateritic nickel deposits arise when there was an unfinished drilling which had not penetrated the bedrock zone. This may lead to a non-optimal laterite nickel deposit resource model since the lateritic nickel mining should be carried out up to the bedrock zone. The multivariate geostatistics method was used to estimate the bedrock zone in the unfinished drilling location by utilizing the high saprolite zone elevation as the secondary data and bedrock zone elevation from the finished drilling as the primary data. Compared to the ordinary kriging, the ordinary cokriging technique approaches on multivariate geostatistics methods were proven to be able to improve the estimation results in which the statistical value of the estimated variance becomes smaller.

Keywords: *bedrock, cokriging, estimation variance*

PENDAHULUAN

Metode geostatistika multivariat dibangun untuk meningkatkan kualitas estimasi dari suatu variabel dengan menggunakan informasi variabel sekunder yang berkorelasi secara spasial. Variabel tersebut dikatakan memiliki *coregionalization* dan saling terkait secara spasial. Penggunaan metode ini dapat diaplikasikan untuk mengoptimalkan pemodelan sumber daya pada suatu endapan dengan data eksplorasi yang tidak lengkap. Salah satu permasalahan yang sering ditemui, khususnya dalam program eksplorasi nikel laterit adalah adanya pemboran eksplorasi yang menggantung. Pemboran tersebut tidak menembus horizon zona *bedrock* sebagai batas zona bijih. Pemboran menggantung ini disebabkan oleh kegiatan pemboran yang mengharuskan pemboran berhenti pada kedalaman tertentu berdasarkan kontrak yang telah disepakati walaupun kenyataannya belum menembus zona *bedrock*.

Dalam zona laterit, elevasi *top* dari zona *bedrock* harus dimodelkan dan diestimasi secara tepat karena pada penambangan umumnya dilakukan sampai dengan zona *bedrock*. Pendekatan geostatistik multivariat akan digunakan sebagai metode estimasi untuk optimalisasi pemodelan zona *bedrock*, khususnya pada posisi pemboran menggantung dengan memanfaatkan horizon zona *high saprolite* yang tertembus pemboran sebagai variabel sekunder. Secara teoretis, geostatistik multivariat mampu menurunkan nilai varians estimasi dengan mengkorelasikan secara spasial antara variabel primer dan variabel sekunder pada kondisi dengan kuantitas data variabel sekunder relatif lebih banyak dibandingkan dengan variabel primer (Chiles and Delfiner, 1999; Goovaerts, 1997; Rivoirard, 2003). Data pemboran yang digunakan pada penelitian ini berasal dari salah satu lapangan nikel laterit di wilayah Timur Indonesia. Endapan nikel tersebut merupakan jenis laterit yang terbentuk pada kondisi pelapukan tropis pada suatu tubuh batuan ultramafik. Zona atau profil dari endapan nikel laterit di daerah penelitian dari atas ke bawah adalah: *topsoil*, *limonite*, *low saprolite*, *high saprolite*, dan *bedrock*. Zona nikel laterit disusun dengan melakukan *composite* terhadap contoh



Gambar 1. Peta distribusi pemboran pada blok penelitian dengan tanda O menandakan pemboran menembus zona *bedrock*, tanda + menandakan pemboran menembus zona *high saprolite*, dan tanda ⊕ menandakan pemboran menembus zona *bedrock* dan *high saprolite*.

inti dari pemboran eksplorasi dengan batasan nilai *cut-off* kadar: 1.0 % < Ni < 1.4 % dan 40 % < Fe < 50 % untuk zona *limonite*; 1.4 % < Ni < 1.8 % dan 30 % < Fe < 40 % untuk zona *low saprolite*; serta Ni > 1.8 % dan Fe < 30 % untuk zona *high saprolite*. Zona *high saprolite* merupakan zona yang paling banyak tertembus oleh pemboran dari semua zona laterit sehingga akan digunakan sebagai variabel sekunder dalam penelitian geostatistik multivariat. Jumlah pemboran yang terdistribusi di seluruh blok penelitian berdasarkan rekapitulasi *composite* zona nikel laterit sebagaimana terlihat pada Gambar 1 adalah sebagai berikut: total jumlah pemboran berjumlah 349 buah, jumlah pemboran menggantung berjumlah 135 buah, jumlah pemboran menembus *bedrock* berjumlah 214 buah, dan jumlah pemboran menembus zona *high saprolite* berjumlah 253 buah.

METODOLOGI

Metode geostatistik multivariat yang digunakan dalam estimasi zona *bedrock* endapan nikel laterit adalah metode *cokriging*. *Cokriging* memanfaatkan secara penuh informasi tambahan dengan menghubungkan nilai dari variabel-variabel tambahan tersebut dan mengukur derajat keterhubungan secara spasial dengan variabel utama melalui *cross-semivariogram*. *Cross-semivariogram* secara eksperimental didefinisikan sebagai:

$$\gamma_{ij}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^N [Z_i(x_{\alpha} + h) - Z_i(x_{\alpha})][Z_j(x_{\alpha} + h) - Z_j(x_{\alpha})] \quad (1)$$

dimana

- x_{α} = lokasi *sample*,
 $Z_i(x_{\alpha})$ = nilai dari *sample* variabel primer (i)

- $Z_j(x_{\alpha})$ = nilai dari *sample* variabel sekunder (j)
 h = jarak antar lokasi *sample*
 N = jumlah pasangan titik-titik *sample* yang dipisahkan sejauh h

Teknik *cokriging* bersifat lebih bersyarat dibandingkan dengan kriging. Semivariogram dan *cross-semivariograms* harus dimodelkan secara bersama dalam suatu model *coregionalization* dalam rangka mendapatkan suatu sistem matriks *cokriging* dengan nilai determinan non-negatif. *Linear Model of Coregionalization* merupakan salah satu model *coregionalization* yang umum digunakan dengan syarat harus memenuhi kondisi:

$$\sqrt{b_{ii}b_{jj}} \leq b_{ij} \leq \sqrt{b_{ii}b_{jj}} \quad (2)$$

dimana

- b_{ij} = nilai sill dari model *cross-semivariogram* antara variabel primer (i) dan variabel sekunder (j)
 b_{ii} = nilai sill dari model semivariogram model untuk variabel primer (i)
 b_{jj} = nilai sill dari model semivariogram model untuk variabel sekunder (j)

Asumsi dasar dari model linier adalah bahwa seluruh variabel ter regional pada daerah penelitian dibentuk oleh suatu proses fisik yang sama (Goulard and Voltz, 1992). Hal ini berimplikasi pada semua bentuk semivariogram atau *cross-semivariograms* dari matriks *coregionalization* yang membentuk model bersarang akan terdiri dari fungsi semivariogram dasar yang sama sehingga semua semivariogram dan *cross-semivariogram* harus memperlihatkan pola struktur dasar yang sama.

Sistem estimator *cokriging* dari dua variabel merupakan rerata terbobot dimana nilai Z pada lokasi x_0 akan diestimasi sebagai suatu jumlah linier terbobot dari *covariabel* Z_1 dan Z_2 yang dinyatakan dengan:

$$Z^*(x_0) = \sum_{\alpha=1}^{S_1} \lambda_{1\alpha} Z_1(x_{\alpha}) + \sum_{\beta=1}^{S_2} \lambda_{2\beta} Z_2(x_{\beta}) \quad (3)$$

dimana untuk mendapatkan varians estimasi minimum maka harus memenuhi suatu sistem persamaan linier dengan mengikutkan parameter *Lagrange* μ_1 dan μ_2 yaitu

$$\sum_{\alpha=1}^{S_1} \lambda_{1\alpha} \gamma_{11}(Z_{1\alpha}, Z_{1\beta}) + \sum_{\beta=1}^{S_2} \lambda_{2\beta} \gamma_{12}(Z_{1\alpha}, Z_{2\beta}) + \mu_1 = \bar{\gamma}_{11}(Z_{1\alpha}, V) \quad (4)$$

$$\sum_{\alpha=1}^{S_1} \lambda_{1\alpha} \gamma_{21}(Z_{1\beta}, Z_{2\alpha}) + \sum_{\beta=1}^{S_2} \lambda_{2\beta} \gamma_{22}(Z_{2\alpha}, Z_{2\beta}) + \mu_2 = \bar{\gamma}_{22}(Z_{2\beta}, V) \quad (5)$$

Untuk menghindari bias maka secara tradisional jumlah bobot dari sistem *Ordinary Cokriging* memenuhi syarat:

$$\sum_{\alpha=1}^{S_1} \lambda_{1\alpha} = 1 \text{ and } \sum_{\beta=1}^{S_2} \lambda_{2\beta} = 0 \quad (6)$$

Varians estimasi *cokriging* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma_{OCK}^2 = \sum_{\alpha=1}^{S_1} \lambda_{1\alpha} \bar{\gamma}_{11}(Z_{1\alpha}, V) + \sum_{\beta=1}^{S_2} \lambda_{2\beta} \bar{\gamma}_{22}(Z_{2\beta}, V) + \mu_1 - \bar{\gamma}_{11}(V, V) \quad (7)$$

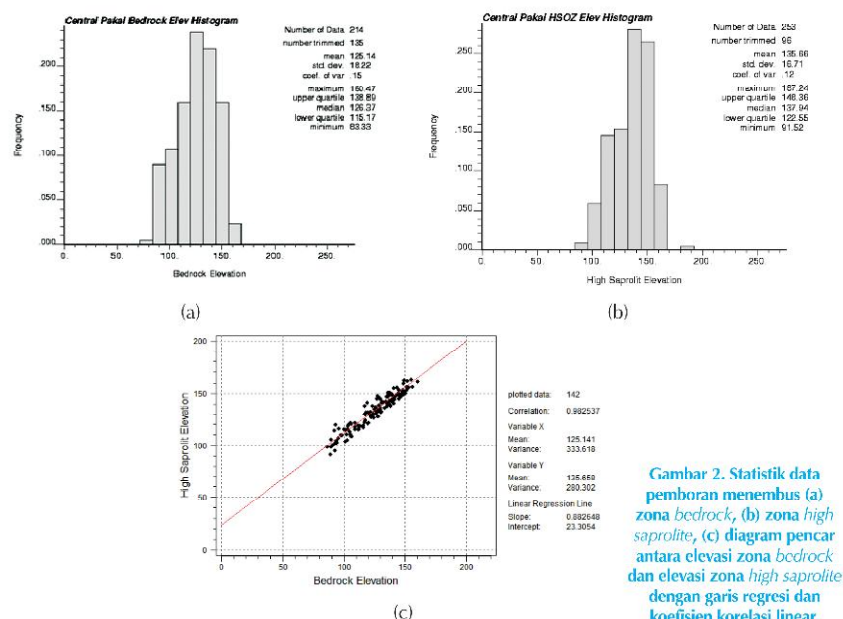
dimana

- S_1 = jumlah data variabel primer γ_{22} = semivariogram variabel sekunder
 S_2 = jumlah data variabel sekunder γ_{12} = *cross-semivariograms* antara dua variabel
 γ_{11} = semivariogram variabel primer

Pada penelitian ini, hasil statistik estimasi *cokriging* akan dibandingkan dengan estimasi kriging. Perangkat yang digunakan untuk menjalankan program estimasi adalah GSLIB (Deutsch and Journel, 1998). Teknik *cokriging* yang digunakan merupakan teknik estimasi titik dan diimplementasikan sebagai *Ordinary Cokriging*. Namun, sebelumnya akan dilakukan analisis statistik univariat untuk melihat aspek dispersi masing-masing variabel. Statistik bivariat akan digunakan untuk mengelaborasi derajat korelasi antara elevasi zona *bedrock* sebagai variabel primer dan elevasi zona *high saprolite* sebagai variabel sekunder melalui suatu koefisien korelasi linear. Akan dilakukan juga analisis struktur variogram untuk masing-masing variabel. Hal ini sangat penting untuk pemodelan *Linear Model of Coregionalization*. Semivariogram eksperimental elevasi zona *bedrock* dan elevasi zona *high saprolite* dikonstruksi secara *omnidirectional* pada setiap blok. *Cross-semivariograms* antara keduanya juga dikonstruksi dengan cara yang sama.

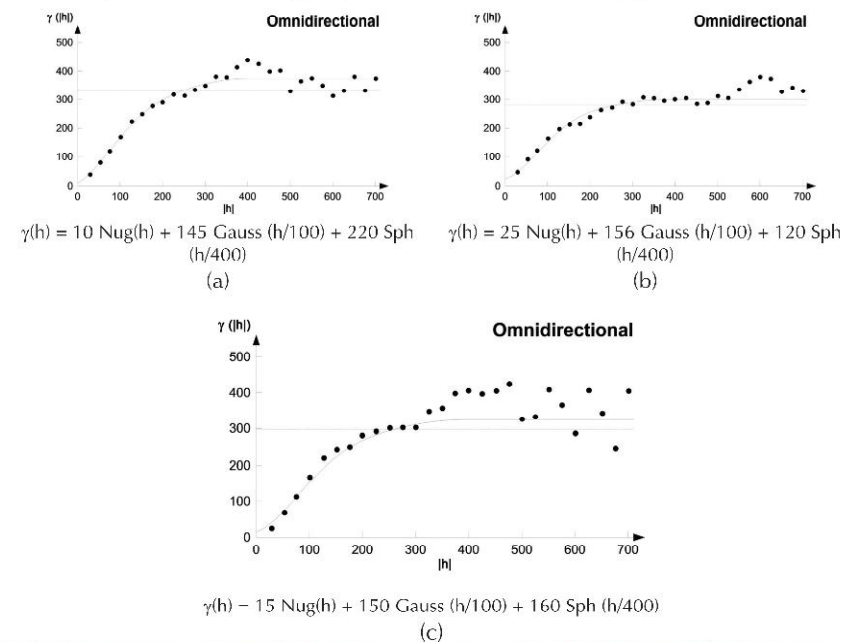
HASIL

Statistik univariat dari data elevasi zona *bedrock* memperlihatkan suatu distribusi simetris dengan sedikit skew dan koefisien variasi dibawah 0.4 sebagaimana terlihat pada Gambar 2(a). Nilai koefisien variasi (σ/m) yang rendah dibutuhkan untuk menerapkan pendekatan *Ordinary Cokriging* yang *reliable*. Adapun data elevasi zona *high saprolite* pada Gambar 2(b) memperlihatkan suatu pola distribusi statistik yang identik dengan sedikit skew, namun memiliki varians lebih kecil dibandingkan dengan elevasi zona *bedrock* sehingga dapat dikatakan bahwa topografi *bedrock* relatif lebih kompleks dibanding topografi *high saprolite*. *Scatter plot* antara dua variabel memperlihatkan korelasi linier positif yang kuat hingga mencapai 0.95 sebagaimana terlihat pada Gambar 2(c). Korelasi yang tinggi ini diharapkan akan membantu pemodelan spasial antar variabel dalam rangka mendapatkan model *coregionalization* yang *reliable*.



Gambar 2. Statistik data pemboran menembus (a) zona *bedrock*, (b) zona *high saprolite*, (c) diagram pencar antara elevasi zona *bedrock* dan elevasi zona *high saprolite* dengan garis regresi dan koefisien korelasi linear.

Analisis variografi variabel elevasi zona *bedrock* memperlihatkan keberadaan struktur bersarang yang meliputi dua struktur dengan efek *nugget* yang relatif kecil. Karakteristik variografi dari elevasi zona *high saprolite* sebagai variabel sekunder memiliki pola struktur yang sama dengan elevasi zona *bedrock* sebagai variabel primer sebagaimana terlihat pada Gambar 3(a) dan 3(b). Dengan demikian, *cross-semivariograms* antara keduanya akan memiliki struktur dasar yang sama pada *range* spasial tersebut sehingga dapat dimodelkan secara mudah juga (Gambar 3(c)).



Gambar 3. Tumpang susun antara semivariogram/cross-semivariogram eksperimental dan model semivariogram/cross-semivariogram berdasarkan fitting model *Linear Model of Coregionalization* dengan variabel: (a) elevasi zona *bedrock*, (b) elevasi zona *high saprolite* (c) *cross-* antara elevasi zona *bedrock* dan elevasi zona *high saprolite*.

Statistik hasil estimasi pada pemboran menggantung yang menembus zona *high saprolite* memperlihatkan bahwa pendekatan *cokriging* memberikan hasil yang signifikan dalam penurunan nilai varians estimasi dibanding kriging biasa sebagaimana terlihat pada Tabel 1. Dalam proses estimasi, didapati bahwa pemilihan parameter ukuran pencarian *neighbourhood* relatif kompleks ketika pola densitas sampling antara variabel primer dan variabel sekunder juga melibatkan kondisi *heterotopic*, yaitu kedua variabel tidak berada pada suatu lokasi titik yang sama.

Tabel 1. Statistik hasil estimasi dari data pemboran menggantung yang menembus zona high saprolite dimana Z^* adalah nilai estimasi dan σ^2 adalah varians estimasi.

Parameter Statistik	Hasil Estimasi			
	Z^* Cokriging	Z^* Kriging	σ^2 Cokriging	σ^2 Kriging
N	111	111	111	111
Min	90.24	88.13	23.41	28.31
Med	128.56	129.21	27.93	50.91
Max	159.12	155.59	47.87	512.61
Mean	127.05	127.07	28.91	68.85
SD	16.11	16.43	4.76	62.33

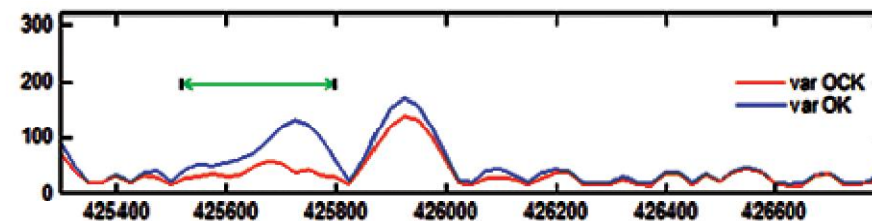
PEMBAHASAN

Hasil dari pendekatan *Ordinary Cokriging* dalam mengestimasi elevasi zona *bedrock* banyak dipengaruhi oleh karakteristik spasial. Lokasi pemboran menggantung walaupun memperlihatkan koefisien korelasi linier yang tinggi dan simetri distribusi yang identik antara kedua variabel teregional. Keuntungan statistik ini sangat berguna ketika struktur spasial dari variabel primer atau variabel sekunder lebih sederhana dalam mencapai derajat kecocokan antara semivariogram eksperimental dengan semivariogram model. Setiap struktur dasar yang muncul pada *cross semivariograms* muncul secara jelas dan mudah dikenali pada semivariogram variabel elevasi zona *bedrock* maupun variogram elevasi zona *high saprolite*. Derajat koefisien korelasi spasial yang tinggi mampu memberikan kemunculan struktur dasar yang sama.

Karakteristik struktur spasial pada kedua variabel secara umum memperlihatkan penyebaran elevasi zona *bedrock* dan elevasi zona *high saprolite* yang menerus dengan nilai *nugget ratio* tidak melebihi 10 %. Pemodelan spasial model *Gaussian* pada struktur pertama dapat menggambarkan perilaku variogram di dekat titik awal yang mencerminkan karakter variabel sangat menerus. Hal ini cukup wajar karena secara umum perilaku variabel geometri, khususnya variabel horizon geologi relatif memiliki karakter spasial yang lebih menerus dibandingkan dengan variabel kadar. Lebih jauh, karakteristik struktur spasial dalam bentuk struktur bersarang yang sama-sama muncul pada kedua variabel dapat diinterpretasikan sebagai adanya suatu proses yang berlangsung dalam skala berbeda terkait dengan kehadiran struktur pertama yang diindikasikan sebagai proses dalam skala lokal dan struktur kedua dalam skala regional.

Masalah yang sering timbul dalam proses pemodelan spasial dari parameter geometri, seperti variabel elevasi zona *bedrock* adalah keberadaan karakteristik *trend* dan pendekatan *ordinary cokriging* kurang begitu cocok lagi. Namun, dalam kasus ini permasalahan tersebut tidak muncul karena rona elevasi zona *bedrock* tidak terpengaruh oleh proses geologi yang berlangsung pada skala regional. Adapun pada skala lokal pengaruh tersebut perlu diuji lebih lanjut dengan teknik simulasi stokastik karena secara mineralogi zona *bedrock* di daerah penelitian bersifat cukup kompleks dengan terdapatnya kekar-kekar yang terisi silika. Teknik simulasi stokastik dapat melihat karakteristik variabilitas lokal secara lebih detail.

Penurunan *error* dari varians estimasi *cokriging* juga dipengaruhi oleh pola densitas *sampling* yang menyertakan posisi *sampling* variabel sekunder terhadap posisi *sampling* variabel primer. Penurunan nilai varians estimasi terjadi secara signifikan pada pola dengan pemboran menggantung yang menembus zona *high saprolite* tersebar merata sebagaimana terlihat pada Gambar 4. Pada penampang tersebut memperlihatkan profil varians estimasi antara metode *ordinary cokriging* dan *ordinary kriging* di sepanjang grid N 86925. Nilai varians estimasi *cokriging* dan *kriging* memiliki kesamaan pada lokasi dimana pemboran menembus kedua zona di titik yang sama. Nilai varians estimasi *cokriging* dan *kriging* juga memiliki kesamaan pada lokasi tempat pemboran hanya menembus zona *bedrock* dan pada lokasi dengan tidak ada penembusan pada kedua zona. Hasil ini membuktikan pandangan bahwa varians estimasi hanya merupakan indeks geometri dari data yang hanya bergantung pada pengaturan spasialnya (Goovaerts, 1997).



Gambar 4. Penampang varians estimasi di sepanjang grid N 86925. Garis hijau menunjukkan posisi dari pemboran menggantung yang menembus zona *high saprolite*. Garis merah dan biru masing-masing merupakan nilai varians estimasi dari *cokriging* dan *kriging*.

KESIMPULAN

Penggunaan *cokriging* telah meningkatkan dan mengoptimalkan elevasi zona *bedrock* dari pemboran menggantung yang mempenetrasi zona *high saprolite*. Terdapat setidaknya 111 dari 135 buah pemboran menggantung telah dioptimisasi dan memberikan model sumber daya yang optimum pada blok penelitian. Teknik *Ordinary Cokriging* bekerja lebih baik di wilayah dengan karakteristik spasial relatif sederhana dan pola densitas *sampling* dengan kondisi *heterotopic* yaitu kedua variabel tidak berada pada suatu lokasi titik yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Unit Geomin, PT Aneka Tambang, Tbk., Indonesia, dalam memberikan dukungan penggunaan data pemboran nikel laterit.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiles, J. P., & Delfiner, P. (1999). *Geostatistics: Modelling Spatial Uncertainty*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Deutsch, C.V., & Journel, A.G. (1998). *GSlib: Geostatistical Software Library and User's Guide 2nd Edition*. New York: Oxford University Press.
- Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford: Oxford University Press.
- Goulard, M., & Voltz, M. (1992). Linear Coregionalization Model: Tool for Estimation and Choce of Cross-variogram Matrix. *Mathematical Geology*, 269-286.
- Rivoirard, J. (2003). *Course on Multivariate Geostatistics: Cours C-173*. Fontainebleau: Centre de Geostatistique Ecole des Mines de Paris.

APLIKASI METODE RESISTIVITAS DC UNTUK PENDUGAAN BIDANG LONGSOR DAN BIDANG GELINCIR DI JALAN KERETA API KM 107 (1/5), CIGANEA, PURWAKARTA, JAWA BARAT

The Applicaion of DC Resistivity Method to Estimate the Landslide and Sliding Plane in the Railroad Kilometer 107 (1/5), Ciganea, Purwakarta, West Java

Hilman Suwargana

PPSDM Geominerba

Jln. Jendral Sudirman No. 623 Bandung

Email: hilman.suwargana@esdm.go.id

ABSTRAK

Longsoran yang terjadi di jalan kereta api km 107 (1/5) Ciganea, Purwakarta, Jawa Barat, dipicu oleh air hujan yang meresap ke dalam batuan porus seperti breksi, batu pasir, dan tanah lapukan, sehingga menambah bobot batuan/tanah. Apabila air hujan tersebut sampai ke batuan yang kedap air atau semi kedap air, air akan bergerak di atas batuan tersebut yang berfungsi sebagai bidang gelincir. Jika terdapat batuan lain yang berada di atas bidang gelincir, batuan tersebut akan bergerak searah dengan bidang gelincir. Salah satu metode geofisika yang dapat mendeteksi bidang longsoran dan bidang gelincir, yaitu Metode Resistivitas DC. Metode Resistivitas dapat mendeteksi bidang longsoran dan bidang gelincir berdasarkan nilai resistivitas batuan. Akusisi data menggunakan metode *Electrical Resistivity Tomography*. Berdasarkan geologi setempat dan data bor BM-05 yang telah dikorelasikan dengan penampang resistivitas maka diperoleh litologi batuan bidang gelincir yaitu lempungpasiran dengan nilai resistivitas: (3,37 – 5,12) Ohm.m dan batu lempung dengan nilai resistivitas $\leq 3,36$ Ohm.m, serta litologi bidang longsoran yaitu batupasir dengan nilai resistivitas: (7,81 – 18,00) Ohm.m dan breksi dengan nilai resistivitas $>18,1$ Ohm.m.

Kata kunci: bidang gelincir, bidang longsoran, resistivitas, electrical resistivity tomography

ABSTRACT

Landslide which occurred at the railroad km 107 (1/5) Ciganea, Purwakarta, West Java, is triggered by rainwater seeping into the porous rock such as breccias, sandstones, and soil, so as increasing the weight of the rock/soil. When the water is up to the rock that is impermeable, then the water will be moving over the rock, so that the rock serves as a sliding plane. If there is a rock that is above the sliding plane, then the rock will move in the sliding plane. One of the geophysical methods that can detect areas of landslide and sliding plane is Resistivity method. Resistivity method can detect areas of landslide and sliding plane based on value of rock resistivity. Data acquisition using method of electrical resistivity tomography. Based on resistivity section of line 1 which has been correlated with the drill data of BM-05, obtained litology at sliding plane is sandy clay with resistivity values of: (3.37 - 5.12) Ohm.m and claystone with resistivity values of $\leq 3,36$ Ohm.m, whereas litology of landslide plane is sandstone with resistivity of: (7.81 - 18.00) Ohm.m and breccias with resistivity ≥ 18.1 Ohm.m.

Keywords: sliding plane, landslide plane, resistivity, electrical resistivity tomography