

Korelasi Spasial Antara Klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) Dan Jenis Alterasi Batuan Pada Tambang Emas Bawah Tanah Menggunakan Metode *Indicator Kriging*

Alfin Ari Nugraha^{1*}, Mohamad Nur Heriawan², Rizky Ardiansyah³

1. Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung
2. Kelompok Keahlian Eksplorasi Sumberdaya Bumi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung
3. Tambang, PT Cibaliung Sumberdaya, Kabupetan Pandeglang, Jawa Barat

*alfinari97@gmail.com

SARI

Studi ini dilatarbelakangi oleh pentingnya rekomendasi geoteknik dalam desain penyanggaan di tambang bawah tanah. Rekomendasi yang baik akan menjamin kelancaran produksi sehingga akan memberikan keuntungan bagi perusahaan. Pemodelan parameter geoteknik pada massa batuan dapat dibantu dengan metode geostatistik. Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisis korelasi spasial antara sebaran klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) dan jenis alterasi batuan di tambang emas bawah tanah. Mengingat klasifikasi RMR dan jenis alterasi tidak memiliki nilai yang kontinyu melainkan diskrit, maka dalam pemodelan geostatistik kedua variabel tersebut termasuk kedalam jenis kategorikal yang dapat diolah menjadi data indikator 1 dan 0 (data biner). Salah satu metode geostatistik yang dapat digunakan untuk pemodelan data kategorikal adalah *Indicator Kriging* (IK). Data diperoleh dari inti bor yang berjumlah sekitar 30 titik di tambang emas bawah tanah yang berlokasi di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Korelasi dilihat dari proporsi antara klasifikasi RMR dan jenis alterasi pada batuan. Dari studi ini diperoleh hasil bahwa alterasi jenis klorit, silisifikasi, dan epidote-klorit berkorelasi kuat dengan RMR *fair*, sedangkan alterasi ilit berkorelasi kuat dengan RMR *poor*.

Kata kunci: geostatistik, RMR, alterasi, *indicator kriging*, korelasi spasial

ABSTRACT

This study is motivated by how important the geotechnic recommendation for supporting the underground mine. Recommendations that will ensure the production will be providing the benefits to the company.

How to Cite: Nugraha, A.A., Heriawan, M.N., Ardiansyah, R., 2019. Korelasi Spasial Antara Klasifikasi Rock Mass Rating (RMR) Dan Jenis Alterasi Batuan Pada Tambang Emas Bawah Tanah Menggunakan Metode Indicator Kriging. *Jurnal Geomine*, 7(3): 190-202.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submitte 02 September 2019
Received in from 07 September 2019
Accepted 30 Desember 2019

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Geostatistical methods could support the geotechnical recommendation. The purpose of this study is to determine the spatial correlation between Rock Mass Rating (RMR) classification and the types of rock alteration. The type of RMR classification and rock alteration data are categorical type, so they could be converted to the indicator data 1 and 0 (binary). One of the geostatistical estimation methods for indicator data is Indicator Kriging (IK). The dataset was obtained from drill core that taken around 30 drills in underground gold mine at Pandeglang, Banten Province. The correlation between RMR classification and type of rock alteration is assessed from their proportion. The result showed that klorite, silisified, and epidote-klorite have strong correlation with fair RMR, meanwhile illite has strong correlation with poor RMR.

Keywords: geostatistics, RMR, alteration, indicator kriging, spatial correlation

PENDAHULUAN

Industri pertambangan baik tambang terbuka maupun tambang bawah tanah sangat penting untuk mengetahui kondisi batuan yang ada. Ada beberapa parameter dalam mengevaluasi kondisi massa batuan dimana salah satunya adalah *Rock Mass Rating* (RMR). Klasifikasi RMR sudah digunakan secara umum dalam mengevaluasi parameter-parameter geomekanika dan kondisi kestabilan suatu massa batuan (Bienawski, 1989). Adapun alterasi atau ubahan batuan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam kondisi massa batuan karena ubahan batuan melibatkan proses kimia dan fisika sehingga kekuatan batuan juga akan berubah (Barton dkk., 1974).

Seiring dengan berkembangnya zaman, muncul beberapa pendekatan untuk melakukan estimasi klasifikasi kelas massa batuan (RMR) dan alterasi batuan dengan metode geostatistik. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengestimasi data-data kategorikal adalah *Indicator Kriging* (IK) (You dan Lee, 2006).

Tujuan dari studi ini adalah: (1) Menyusun grid atau model blok 3-dimensi (3D) untuk klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan; (2) Menganalisis korelasi spasial antara klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan. Data yang digunakan dalam studi ini berupa data sekunder yaitu data bor yang berisi informasi klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan.

METODE PENELITIAN

Proporsi dapat digunakan sebagai probabilitas suatu data. Penerapannya untuk mengetahui kehadiran tipe alterasi atau mineral alterasi tertentu yang hadir bersama tipe litologi tertentu secara bersama-sama di sebuah grid (Schabenberger dan Gotway, 2005). Adapun pembagian kelompok data dapat menggunakan proporsi dengan persamaan berikut ini:

$$p_k = \frac{K}{N} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.1})$$

dimana p_k adalah proporsi kategori k, K adalah jumlah data dengan kategori K, dan N adalah total keseluruhan data. Varians adalah ukuran seberapa jauh sebaran suatu kumpulan data:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.2})$$

Sehingga dari varians dapat diketahui standar deviasi data, serta dapat dihitung *Coefficient of Variation* (CV):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.3})$$

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.4})$$

dengan:

- n = jumlah data
- μ = rata-rata hitung
- σ = standar deviasi
- x_i = datum ke-i

Metode estimasi *Indicator Kriging* (IK) digunakan untuk menentukan peluang kehadiran kategori pada suatu lokasi x yang tidak memiliki data menggunakan kumpulan data yang diketahui $n(x_a)$. Persamaan yang digunakan dalam estimasi dengan IK adalah:

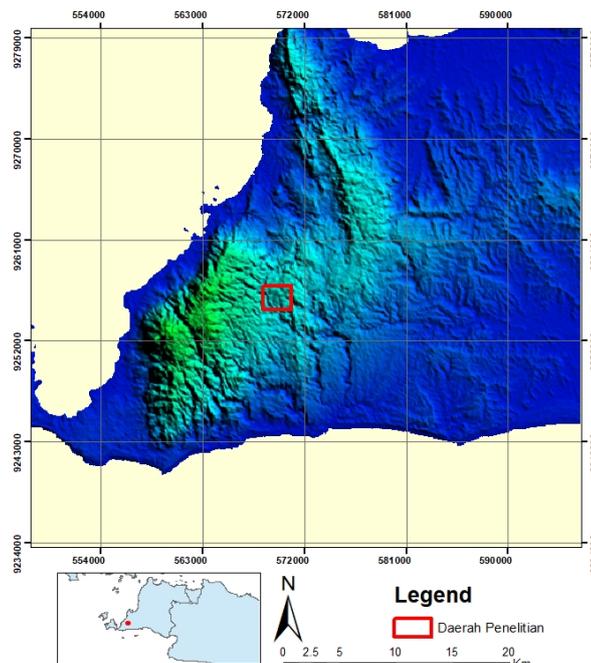
$$I = Prob * \{I(x) = 1 | n(x_a)\} = \sum_{a=1}^{n(x_a)} \lambda_a I_k(x_a) + \left[1 - \sum_{a=1}^{n(x_a)} \lambda_a\right] \cdot p_0 \dots \dots \dots (pers. 2.5)$$

dimana $p_0 = E\{I(x)\} = Prob\{I(x) = 1\}$ adalah peluang utama kehadiran kategori, λ_a adalah pembobot kriging yang berasosiasi dengan data indikator pada lokasi x_a . Perhitungan untuk mendapatkan nilai setiap λ_a dengan kriging pada *Simple Indicator Kriging* adalah:

$$\begin{bmatrix} C_{kk}(x_1 - x_1) & \dots & C_{kk}(x_N - x_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{kk}(x_1 - x_N) & \dots & C_{kk}(x_N - x_N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{kk}(x - x_1) \\ \vdots \\ C_{kk}(x - x_N) \end{bmatrix} \dots \dots \dots (pers. 2.6)$$

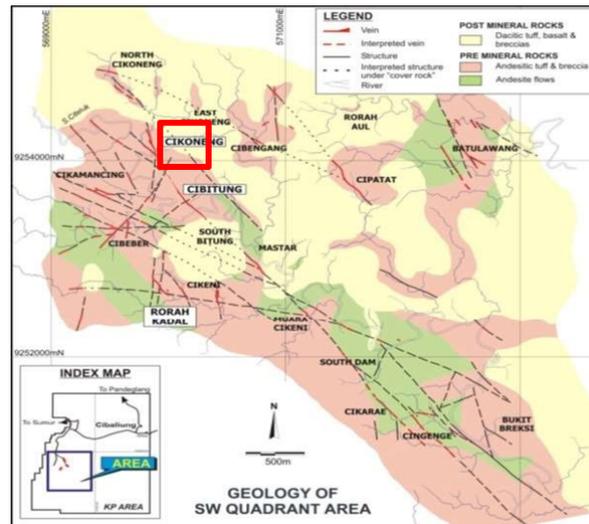
dengan mengetahui λ_a untuk setiap $a = 1, 2, \dots, N$ maka data indikator di suatu titik dapat diketahui.

Lokasi studi berada di wilayah IUPK PT Cibaliung Sumberdaya (CSD) yang terletak di Kecamatan Cimanggu dan Pandeglang, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Lokasi ini dapat dicapai dengan jalur darat dengan waktu tempuh sekitar 5 jam dari Jakarta (lihat Gambar 1). Studi dilakukan pada elevasi 900 – 1000 m dpl.

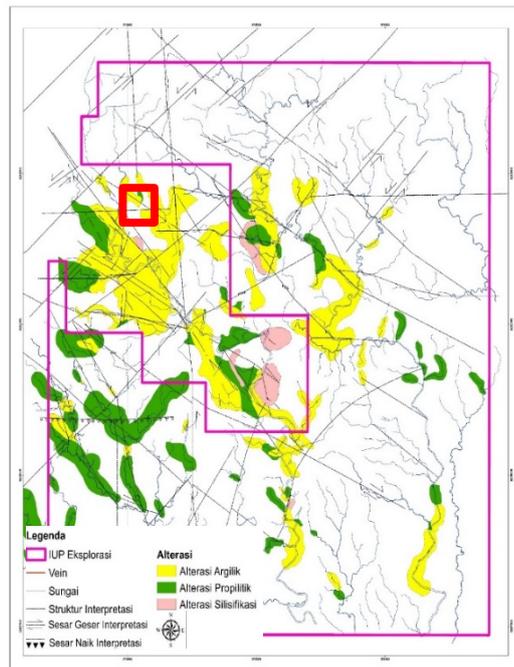


Gambar 1. Daerah penelitian

Satuan batuan di lokasi studi dibagi menjadi dua unit batuan yaitu *pre*-mineralisasi dan *post*-mineralisasi. Batuan *pre*-mineralisasi umumnya dicirikan oleh alterasi hidrotermal dan menjadi batuan tempat terbentuknya urat kuarsa yang mengandung emas. Sedangkan batuan *post*-mineralisasi tidak mengalami alterasi hidrotermal dan bukan merupakan batuan tempat terbentuknya urat kuarsa, sehingga batuan ini tidak berhubungan dengan proses mineralisasi (Angeles dkk., 2002). *Cibaliung Tuff* tersusun atas tufa dasitik dan batupasir vulkanik dengan kandungan kayu terkarbonkan dan kayu terkarsikkan, tertutup oleh tufa pumisan (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Peta geologi di daerah studi (PT CSD, 2013).



Gambar 3. Peta alterasi di daerah studi (PT CSD, 2013).

Secara umum wilayah IUPK PT CSD berada di ketinggian ~1200 m dpl, sedangkan lokasi studi berada di bawah permukaan dengan elevasi 900 - 1000 m dpl. Namun jika diproyeksikan ke permukaan, daerah studi didominasi oleh jenis laterasi argilik dan sebagian kecil alterasi propilitik (lihat Gambar 3). Arah urat di lokasi studi ini adalah utara-selatan dan memiliki kemiringan yang hampir tegak (~90°).

Transformasi ke Data Indikator

Data yang digunakan untuk studi ini adalah data pemboran yang dilakukan di wilayah penambangan PT CSD yang meliputi survei, collar, klasifikasi RMR, dan jenis alterasi batuan. Selanjutnya dilakukan transformasi ke data indikator untuk klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan. Contoh hasil transformasi ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini. Klasifikasi RMR dibedakan menjadi 4 yaitu *very poor*, *poor*, *fair*, dan *good*, sedangkan jenis alterasi dibedakan menjadi 6 yaitu klorit, smektit, ilit, urat kuarsa, silisifikasi, dan epidot - klorit.

Tabel 1. Contoh hasil transformasi data alterasi dan RMR.

x	y	z	prob_ klorit	prob_s mektit	prob_ ilit	prob_ vein	prob_sili sifikasi	epid ote	klo rit	sme ktit	il it	ve in	silisif ikasi	epid ote- klor ite
1999	494	898	0,46	0,31	0,05	0,16	0,03	0	1	0	0	0	0	0
9,85	1,94	,71												
2011	517	922	0,22	0,18	0,01	0,57	0,02	0	0	0	0	1	0	0
9,85	1,94	,71												
2012	517	922	0,2	0,16	0,01	0,62	0,01	0	0	0	0	1	0	0
4,85	1,94	,71												
2012	517	922	0,18	0,12	0,00	0,69	0,01	0	0	0	0	1	0	0
9,85	1,94	,71												
2013	517	922	0,19	0,14	0,00	0,66	0,01	0	0	0	0	1	0	0
4,85	1,94	,71												
2013	517	922	0,23	0,18	0,01	0,57	0,02	0	0	0	0	1	0	0
9,85	1,94	,71												
2014	517	922	0,23	0,36	0,01	0,38	0,02	0	0	0	0	1	0	0
4,85	1,94	,71												
2014	517	922	0,29	0,41	0,01	0,27	0,03	0	0	1	0	0	0	0
9,85	1,94	,71												
2015	517	922	0,34	0,42	0,02	0,19	0,03	0	0	1	0	0	0	0
4,85	1,94	,71												
2015	517	922	0,39	0,41	0,02	0,15	0,03	0	0	1	0	0	0	0
9,85	1,94	,71												

x	y	z	prob_v ery poor	prob_po or	prob_f air	prob_g ood	rmr_ very poor	rmr_p oor	rmr_f air	rmr_g ood
1999,85	4941,94	898,71	0	0,23	0,72	0,05	0	0	1	0
2011,85	5171,94	922,71	0	0,14	0,85	0,01	0	0	1	0
2012,85	5171,94	922,71	0	0,12	0,87	0,01	0	0	1	0
2012,85	5171,94	922,71	0	0,24	0,75	0,01	0	0	1	0
2013,85	5171,94	922,71	0	0,31	0,68	0,01	0	0	1	0
2013,85	5171,94	922,71	0	0,3	0,69	0,01	0	0	1	0
2014,85	5171,94	922,71	0	0,27	0,72	0,01	0	0	1	0
2014,85	5171,94	922,71	0	0,26	0,72	0,01	0	0	1	0
2015,85	5171,94	922,71	0	0,27	0,71	0,02	0	0	1	0
2015,85	5171,94	922,71	0	0,19	0,79	0,02	0	0	1	0

Analisis Statistik

Analisis parameter statistik yang dilakukan meliputi proporsi, varians, dan *Coefficient of Variation* (CV) (lihat Tabel 2). Dari Tabel 2 di atas terlihat bahwa nilai varians dari data indikator klasifikasi RMR cukup beragam dari 0,004 untuk RMR *very poor* sampai 0,20 untuk RMR *fair*, sedangkan nilai CV dari 0,63 untuk RMR *fair* sampai 16,51 untuk RMR *very poor*. Keterdapatannya data RMR *very poor* dan *good* lebih sedikit dibandingkan RMR *poor* dan *fair*. Data proporsi awal untuk setiap klasifikasi RMR ditunjukkan pada Gambar 4(a).

Dari Tabel 2 juga terlihat bahwa nilai varians dari data indikator jenis alterasi batuan cukup beragam dari 0,01 untuk alterasi epidot – klorit sampai 0,25 untuk alterasi klorit, sedangkan nilai CV dari 1,09 untuk alterasi klorit sampai 11,99 untuk alterasi epidot – klorit. Keterdapatannya data jenis alterasi ilit, silisifikasi dan epidot – klorit lebih sedikit dibandingkan alterasi klorit, smektit, dan urat kuarsa. Data proporsi awal untuk setiap jenis alterasi ditunjukkan pada Gambar 7(a). Nilai varian dan CV pada RMR dan alterasi menunjukkan bagaimana keterdapatannya setiap kelasnya. Nilai varian semakin kecil berbanding terbalik dengan nilai CV yang semakin besar. Pada penelitian ini, nilai varian berupa varian indikator sehingga menunjukkan semakin sedikit keterdapatannya suatu kelas (dominan kelas 0) jika nilai varian semakin kecil yang akan menyebabkan estimasi semakin bias nantinya.

Tabel 2. Nilai proporsi, varians dan CV dari klasifikasi RMR dan jenis alterasi setelah ditransformasi ke data indikator.

No.	Paramater	Mean	Varian	CV
Klasifikasi RMR				
1	<i>Very poor</i>	0,004	0,004	16,51
2	<i>Poor</i>	0,22	0,17	1,88
3	<i>Fair</i>	0,72	0,20	0,63
4	<i>Good</i>	0,06	0,05	3,99
Jenis Alterasi Batuan				
1	Klorit	0,46	0,25	1,09
2	Smektit	0,31	0,21	1,50
3	Ilit	0,05	0,04	4,60
4	Urat Kuarsa	0,15	0,13	2,34
5	Silisifikasi	0,03	0,03	5,68
6	Epidot – Klorit	0,01	0,01	11,99

Analisis Spasial

Untuk menganalisis korelasi spasial antara klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan maka dilakukan perbandingan dalam bentuk model sebaran 3D berdasarkan hasil estimasi dengan metode *Indicator Kriging* (IK). Estimasi dengan metode IK memerlukan parameter variogram indikator 3D. Pemodelan variogram dan estimasi dengan metode IK dilakukan dengan bantuan *software* SGeMS. Beberapa asumsi yang digunakan pada pembuatan variogram adalah arah pencarian digunakan *omnidirectional* 3D karena pola pemboran yang tidak reguler serta model yang digunakan pada *fitting* adalah *Spherical*. Hasil pemodelan variogram untuk klasifikasi RMR dan jenis alterasi dapat dilihat pada Lampiran A.

Model *fitting* variogram untuk klasifikasi RMR memiliki satu struktur dengan *range* atau radius pengaruh yang beragam maksimum 200 m dan minimum 90 m. Sedangkan variogram untuk jenis alterasi memiliki satu dan dua struktur dengan *range* yang beragam maksimum 75 m dan minimum 24 m.

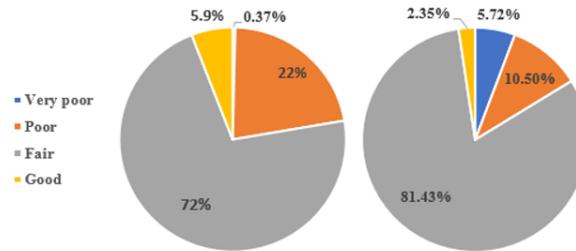
Untuk melakukan estimasi maka diperlukan geometri *grid* atau *cell*. Berikut parameter-parameter yang digunakan dalam menyusun grid:

- Koordinat minimum: X = 20.000, Y = 5000, Z = 900.
- Ukuran blok (m): x = 5, y = 5, z = 1.
- Jumlah blok: x = 47, y = 94, z = 113.
- *Searching ellipsoid* yang digunakan adalah *range* terjauh dari RMR dan alterasi: 200/200/200.
- Dimensi wilayah studi (X × Y × Z) = 235 × 470 × 113 m.

HASIL PENELITIAN

Pemodelan Klasifikasi RMR

Estimasi dengan metode *Indicator Kriging* (IK) dengan geometri grid yang telah disebutkan di atas menghasilkan blok sebanyak 499.234 buah (*solid model*), namun setelah dipotong dengan batas sebaran lubang bor menjadi 200.212 buah. Setiap grid memiliki nilai probabilitas dari setiap klasifikasi RMR. Klasifikasi RMR yang dipilih untuk suatu grid ditentukan dari nilai probabilitas maksimumnya. Pada Gambar 4(b) dapat dilihat proporsi klasifikasi RMR setelah estimasi.

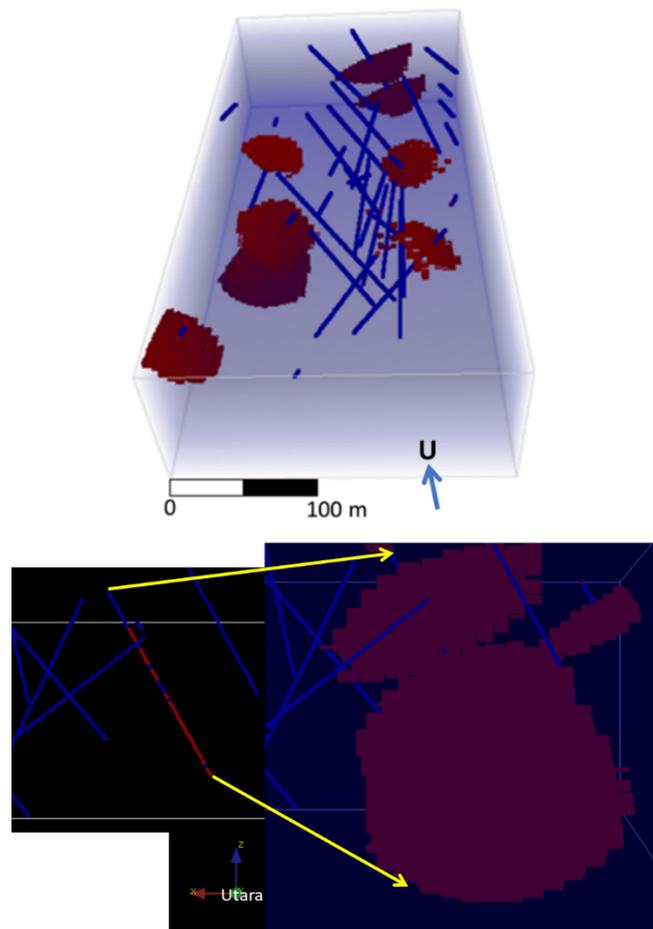


Gambar 4. Diagram proporsi klasifikasi RMR: (a) data awal, (b) hasil estimasi.

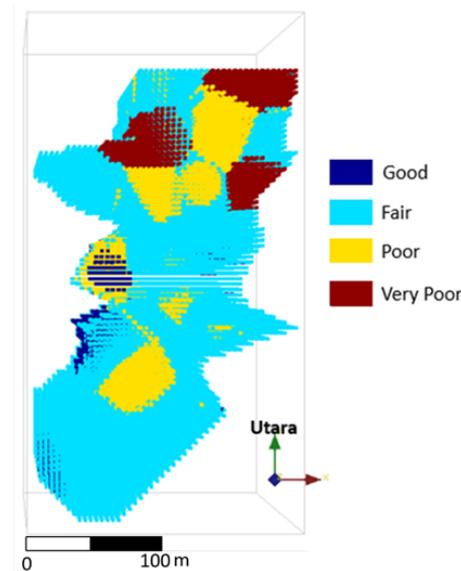
RMR *fair* yang awalnya memiliki proporsi 72% berubah menjadi sekitar 81% setelah estimasi. Hal ini dikarenakan proporsi data awal pada RMR *fair* besar sehingga menghasilkan estimasi nilai probabilitas yang besar atau dapat dikatakan bahwa RMR *fair* sangat dominan dibanding klasifikasi lainnya.

Validasi hasil estimasi klasifikasi RMR dapat dilihat dari data bor dan dihubungkan dengan hasil estimasinya. Dari keseluruhan klasifikasi RMR terlihat bahwa hasil estimasi sudah sesuai dengan data bor, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil estimasi RMR sudah valid.

Gambar 5 menunjukkan model sebaran 3D dari RMR *good* di wilayah studi, sedangkan Gambar 6 menunjukkan model sebaran 3D seluruh klasifikasi RMR. Dari hasil model 3D di atas terlihat bahwa RMR *fair* mendominasi wilayah studi, sedangkan RMR *good* cenderung minor.



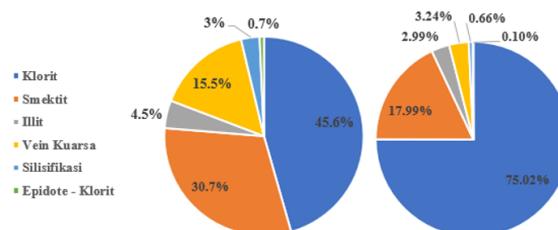
Gambar 5. Model sebaran 3D dari RMR *good* di overlay dengan lubang bor



Gambar 6. Model sebaran 3D dari 4 klasifikasi RMR di wilayah studi

Pemodelan Jenis Alterasi Batuan

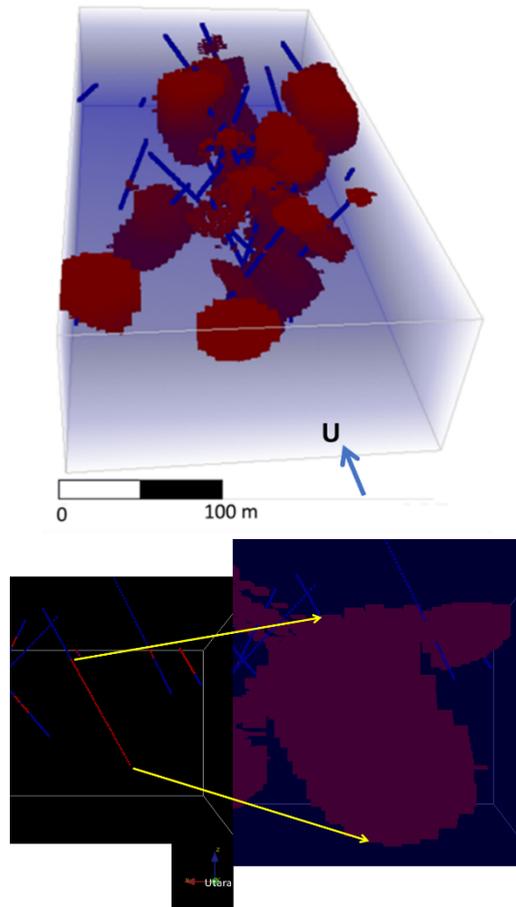
Prinsip estimasi dengan metode IK untuk jenis alterasi batuan sama dengan apa yang telah dilakukan untuk klasifikasi RMR. Pada Gambar 7(b) terlihat proporsi hasil estimasi untuk setiap jenis alterasi batuan dimana alterasi klorit mendominasi dengan proporsi sekitar 75% dari proporsi awal sekitar 45%.



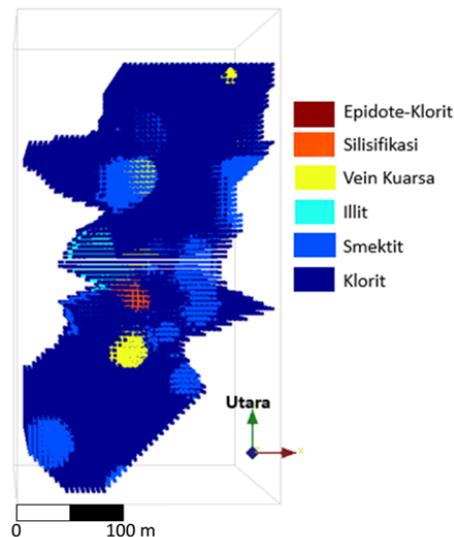
Gambar 7 (a) dan proporsi jenis (b) alterasi batuan: (a) data awal, (b) hasil estimasi.

Validasi hasil estimasi jenis alterasi dapat dilihat dari data bor dan dihubungkan dengan hasil estimasinya. Dari keseluruhan jenis alterasi menunjukkan bahwa hasil estimasi sudah sesuai dengan data bor, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil estimasi jenis alterasi sudah valid.

Gambar 8 menunjukkan model sebaran 3D dari jenis alterasi smektit di wilayah studi, sedangkan Gambar 9 menunjukkan model sebaran 3D seluruh jenis alterasi batuan. Dari hasil model 3D di atas terlihat bahwa jenis alterasi klorit mendominasi wilayah studi, sedangkan jenis alterasi silisifikasi dan epidot – klorit cenderung minor.



Gambar 8 Model sebaran 3D dari jenis alterasi smektit dioverlay dengan lubang bor



Gambar 10. Model sebaran 3D dari 6 jenis alterasi batuan di wilayah studi

Korelasi Model RMR dan Jenis Alterasi

Korelasi spasial antara klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan dilakukan dengan melihat proporsi dari masing-masing klasifikasi RMR pada setiap jenis alterasi batuan, baik berdasarkan data awal pemboran maupun grid pada blok model 3D hasil estimasi. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan proporsi klasifikasi RMR pada jenis alterasi batuan berdasarkan data awal dan model blok.

Tabel 3. Proporsi klasifikasi RMR pada jenis alterasi batuan berdasarkan data awal

	Klorit	Smektit	Illit	Uein Kuarsa	Silisifikasi	Epidot - Klorit
<i>Very poor</i>	0,00	0,003	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Poor</i>	0,18	0,17	0,51	0,37	0,31	0,06
<i>Fair</i>	0,76	0,75	0,47	0,61	0,69	0,24
<i>Good</i>	0,06	0,08	0,03	0,01	0,00	0,71

Tabel 4. Proporsi klasifikasi RMR pada jenis alterasi batuan berdasarkan hasil estimasi

	Klorit	Smektit	Illit	Urut Kuarsa	Silisifikasi	Epidot - Klorit
<i>Very poor</i>	0,06	0,04	0,00	0,06	0,03	0,03
<i>Poor</i>	0,08	0,09	0,64	0,33	0,05	0,05
<i>Fair</i>	0,84	0,81	0,36	0,61	0,93	0,97
<i>Good</i>	0,02	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari Tabel 3 terlihat bahwa data awal pemboran menunjukkan RMR *fair* sebagian besar berasosiasi dengan alterasi klorit (sekitar 76%), smektit (sekitar 75%), urat kuarsa (sekitar 61%), dan silifikasi (sekitar 69%). Sedangkan RMR *good* berasosiasi cukup kuat dengan alterasi epidot – klorit (sekitar 71%). RMR *poor* sebagian berasosiasi dengan alterasi illit (sekitar 50%) dan silifikasi (sekitar 37%). RMR *very poor* hampir tidak berasosiasi dengan semua jenis alterasi karena proporsinya yang sangat kecil.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa secara umum proporsi klasifikasi RMR pada jenis alterasi batuan pada grid hasil estimasi hampir sama dengan proporsi pada data awal. Bedanya hanya pada RMR *fair* yang muncul dengan proporsi sangat tinggi pada alterasi epidot – klorit (sekitar 97%) menggantikan RMR *good* pada data awal.

Hasil dari studi ini diharapkan bisa digunakan oleh pihak perusahaan sebagai salah satu pertimbangan dalam mengevaluasi rancangan penyanggaan untuk menjaga kestabilan tambang bawah tanah. Intensitas alterasi batuan pada setiap jenisnya belum diperhitungkan dalam studi ini, sehingga dapat dipertimbangkan pada studi selanjutnya.

KESIMPULAN

Dari studi yang dilakukan di tambang emas bawah tanah di Kabupaten Pandeglang ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

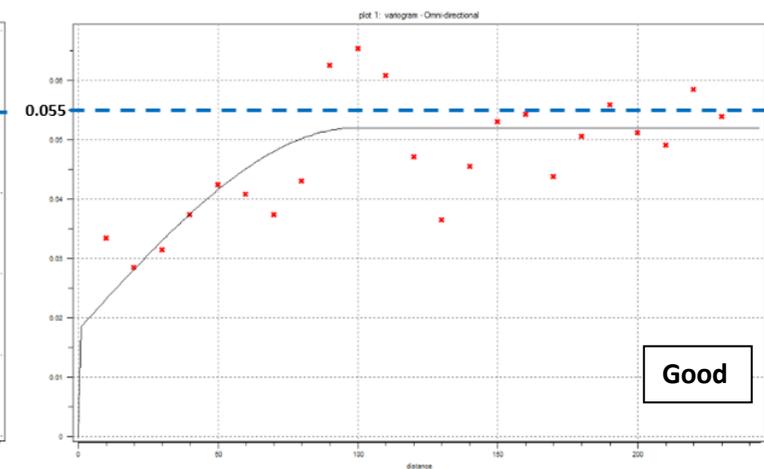
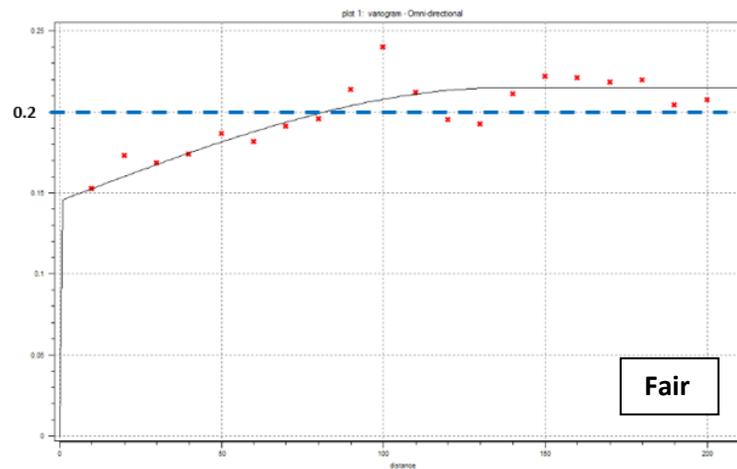
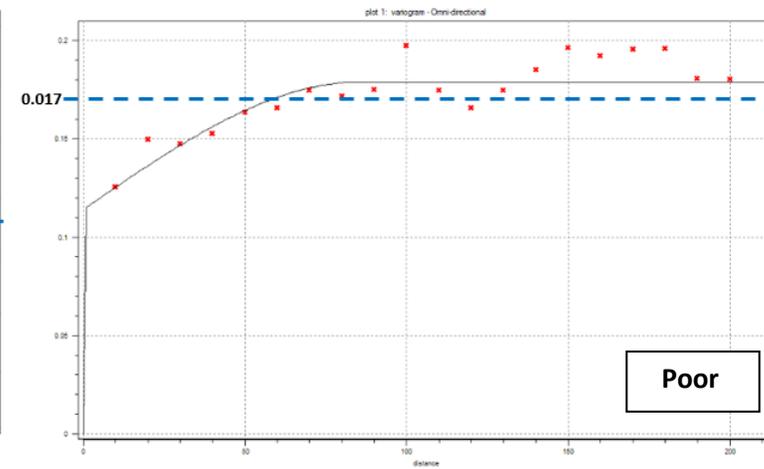
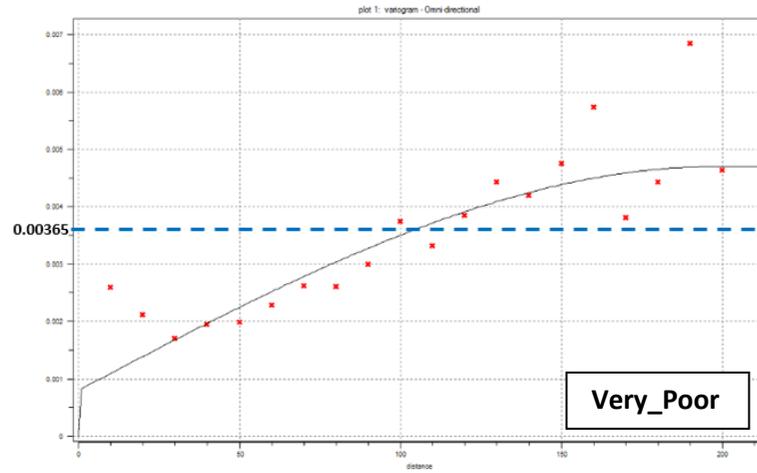
1. Estimasi dengan metode *Indicator Kriging* (IK) menghasilkan nilai probabilitas untuk klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan. Hasil estimasi klasifikasi RMR menunjukkan bahwa kelas batuan *fair* paling dominan di wilayah studi dan kelas batuan *very poor* paling minor. Sedangkan pada estimasi jenis alterasi batuan menunjukkan bahwa jenis alterasi klorit dominan di wilayah studi dan alterasi epidote – klorit minor.
2. Korelasi spasial antara klasifikasi RMR dan jenis alterasi batuan dilakukan dengan menentukan proporsi hasil estimasi setiap klasifikasi RMR pada setiap hasil estimasi jenis alterasi batuan. Terlihat bahwa RMR *fair* dominan berada pada semua jenis alterasi dengan proporsi 61% – 97% kecuali pada alterasi illit hanya 35%. RMR *poor* muncul pada alterasi illit dengan proporsi sekitar 64% dan pada silifikasi sekitar 33%. RMR *good* dan *very poor* hanya muncul dengan proporsi kurang dari 10% pada semua jenis alterasi.

PUSTAKA

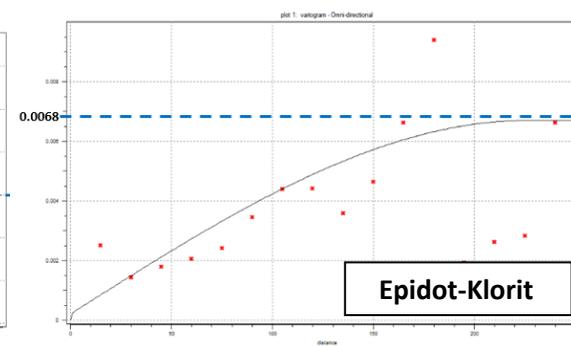
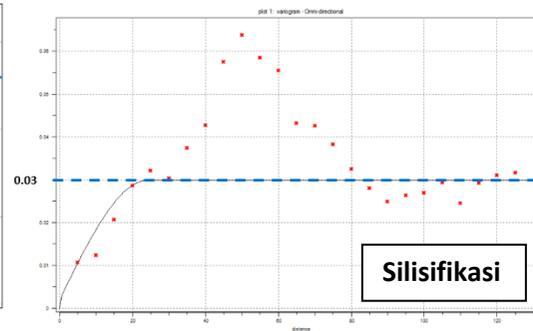
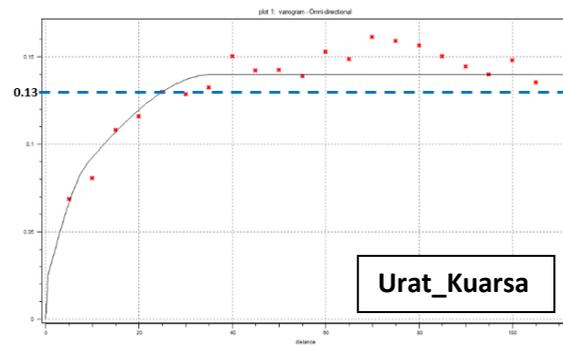
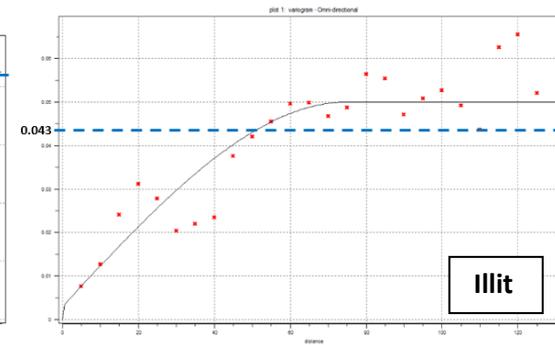
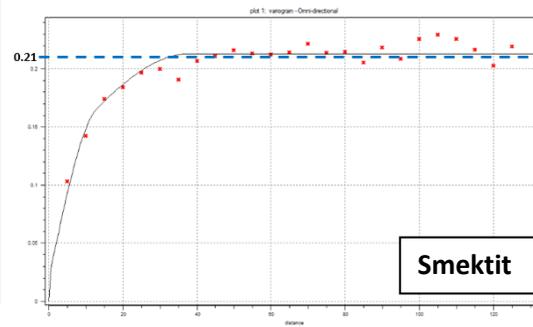
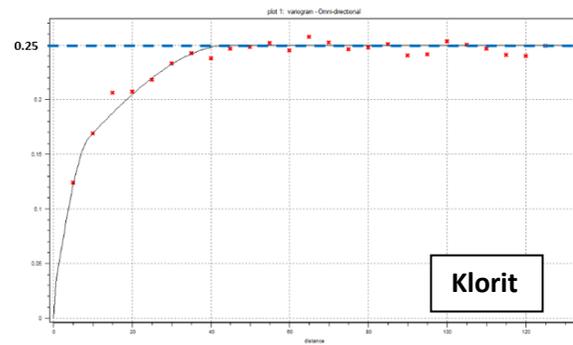
- Angeles, A.C., Prihatmoko, S., dan Walker, J. S., 2002. *Geology and alteration-mineralization characteristics of the Cibaliung epithermal gold deposit, Banten, Indonesia*. Resource Geology, 52(4), 329-339.
- Barton, N., Lien, R., dan Lunde, J., 1974. *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mech., 6(4), 189–236.

- Bieniawski, Z.T., 1973. *Engineering classification of jointed rock masses*. Civil Engineer in South Africa, 15(12), 352-343.
- Bieniawski, Z.T., 1979. *The geomechanics classification in rock engineering application. Proceedings 4th International Congress on Rock Mechanics*, Montreux, 2-8 September 1979, Vol. 2, 41-48.
- PT Cibaliung Sumberdaya (CSD), 2013. Unpublished Internal Report, Jakarta.
- Schabenberger, O., dan Gotway, C.A., 2005. *Statistical Method for Spatial Data Analysis*. Taylor & Francis Group, 512 p.
- You, K., dan Lee, J.S., 2006. *Estimation of rock mass classes using the 3 dimensional multiple indicator kriging technique*. Monograph Title: Rock chain 1: A set of codes for the studies of blocks instability inside a tunnel, Serial: Tunnelling and Underground Space Technology, 21(3-4), 229

Lampiran A. Hasil Pemodelan Variogram



Lampiran A1. Variogram omnidirectional 3D untuk klasifikasi RMR.



Lampiran A2. Variogram omnidirectional 3D untuk jenis alterasi batu