

ESTIMASI CADANGAN
ENDAPAN BAUKSIT
MENGUNAKAN METODE
ORDINARY KRIGING PADA BLOK
MUNGKUK RUI PT. DINAMIKA
SEJAHTERA MANDIRI
KECAMATAN TOBA KABUPATEN
SANGGAU PROVINSI

Submission date: 16-Sep-2021 05:42PM (UTC+0700)

Submission ID: 16479133

File name: 20_ESTIMASI_CADANGAN_ENDAPAN_BAUKSIT_MENGUNAKAN_METODE.pdf (513.95K)

Word count: 5376

by Barlian Dwinagara

Character count: 31054

KALIMANTAN BARAT

**ESTIMASI CADANGAN ENDAPAN BAUKSIT MENGGUNAKAN METODE
ORDINARY KRIGING PADA BLOK MUNGГУK RUAI PT. DINAMIKA
SEJAHTERA MANDIRI KECAMATAN TOBA KABUPATEN SANGGAU
PROVINSI KALIMANTAN BARAT**

Eddy Winarno¹ dan Barlian Dwinagara² Sigit Djuliyanto³,

UPN "Veteran" Yogyakarta

Afiliasi/Institusi Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

E-mail: djuliant26@gmail.com

RINGKASAN

PT. Dinamika Sejahtera Mandiri (DSM) adalah salah satu perusahaan pertambangan bauksit di Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang terbuka. PT. DSM memiliki IUP (Izin Usaha Pertambangan) seluas 11.178,69 ha.

Pada penelitian ini akan dilakukan estimasi cadangan endapan bauksit dengan menggunakan metode *Ordinary Kriging (OK)* pada blok Mungguک Ruai di wilayah IUP PT. DSM. Estimasi dilakukan pada kadar Al_2O_3 , SiO_2 , dan ketebalan bauksit pada blok Mungguک Ruai. Dalam variogram, variabel ketebalan bauksit menggunakan model *spherical*, sedangkan pada variabel Al_2O_3 dan SiO_2 menggunakan model *exponential*.

Hasil dari estimasi cadangan berdasarkan hasil estimasi variabel menggunakan metode *OK* dengan ukuran blok $25\text{ m} \times 25\text{ m}$ diperoleh sebesar 680.442 ton bauksit dengan nilai kadar Al_2O_3 rerata sebesar 50,8376 % dan kadar SiO_2 rerata sebesar 1,9553 %. Diketahui juga bahwa kualitas endapan bauksit terlihat sangat bagus pada bagian utara blok Mungguک Ruai ini, sedangkan pada bagian tengah blok Mungguک Ruai justru memiliki kualitas endapan bauksit yang lebih rendah dibanding lokasi lainnya.

Kata kunci: estimasi, penaksiran, bauksit, cadangan, geostatistik, *ordinary kriging*

ABSTRACT

PT. Dinamika Sejahtera Mandiri (DSM) is one of the bauxite mining companies in Sanggau Regency, West Kalimantan. Mining activities are carried out using an open mining system. PT. DSM has an IUP (Mining Business License) covering an area of 11,178.69 ha.

In this research an estimation of the reserves of bauxite deposits will be carried out using the Ordinary Kriging (OK) method on the Mungguк Ruai block in the IUP area of PT. DSM. Estimation is carried out on Al_2O_3 , SiO_2 , and bauxite thickness in the Mungguк Ruai block. In the variogram, the bauxite thickness variable uses the spherical model, while the Al_2O_3 and SiO_2 variables use the exponential model.

The results of the estimated reserves based on the results of the estimation of the variable using the OK method with a block size of $25\text{ m} \times 25\text{ m}$ obtained 680,442 tons of bauxite with an average Al_2O_3 value of 50.8376% and an average SiO_2 content of 1.9553%. It is also known that the quality of bauxite deposits looks very good in the northern part of the Mungguк Ruai block, while in the middle the Mungguк Ruai block actually has lower bauxite deposit quality compared to other locations.

Keywords: estimation, estimation, bauxite, reserves, geostatistics, ordinary kriging

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Dinamika Sejahtera Mandiri (DSM) adalah salah satu perusahaan pertambangan bauksit di Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang terbuka. PT. DSM memiliki IUP (Izin Usaha Pertambangan) seluas 11.178,69 ha.

Estimasi cadangan merupakan suatu pekerjaan yang penting dan besar tanggung jawabnya dalam mengevaluasi suatu proyek pertambangan. Seluruh keputusan teknis sangat tergantung pada pekerjaan tersebut. Estimasi cadangan yang dilakukan dapat memberikan taksiran kuantitas (tonase), dan kualitas dari cadangan, serta sebagai landasan untuk menentukan umur tambang dan batas-batas penambangan.

Untuk menentukan estimasi cadangan, metode estimasi yang optimal untuk memprediksi kadar dan ketebalan endapan bauksit pada lokasi yang belum memiliki data menjadi masalah yang sangat penting. Pada penelitian ini akan dilakukan estimasi cadangan endapan bauksit dengan menggunakan metode *Ordinary Kriging (OK)* pada blok Mg. Ruai di wilayah IUP PT. DSM, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat, sehingga didapatkan hasil yang representatif yang nantinya dapat dijadikan dasar oleh perusahaan dalam penentuan kebijaksanaan.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Estimasi Cadangan Endapan Bauksit Menggunakan Metode Ordinary Kriging..Eddy W dkk

1. Penentuan *fitting model* variogram yang optimal sebagai parameter estimasi dengan metode *OK*.
2. Estimasi cadangan endapan bauksit pada blok Mg. Ruai berdasarkan hasil estimasi kadar dan ketebalan dengan metode *OK*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengestimasi cadangan di blok Mg. Ruai pada IUP PT. DSM menggunakan metode *OK* dengan *fitting model* variogram optimal.
2. Menganalisis persebaran kadar endapan bauksit (Al_2O_3 dan SiO_2) yang ada di blok Mg. Ruai pada IUP PT. DSM.
3. Menganalisis pengaruh parameter statistik terhadap metode estimasi yang digunakan

1.4. Batasan masalah

Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah :

1. Lokasi yang diestimasi merupakan blok Mungbuk Ruai bagian timur saja.
2. Data yang digunakan adalah hasil sumur uji (*test pit*) dari kegiatan eksplorasi dan analisis laboratorium, meliputi: koordinat, elevasi, kedalaman sumur uji, serta kadar Al_2O_3 dan SiO_2 .
3. Data yang digunakan diasumsikan sudah dalam keadaan valid.
4. Variabel yang diestimasi berupa ketebalan lapisan endapan bauksit, kadar Al_2O_3 dan kadar SiO_2 .
5. Nilai *lag size* yang digunakan sebesar 50 m dengan *number of lags* sebanyak 5. Untuk jumlah *maximum neighbours* dan *minimum neighbours* sebesar 20 dan 2 buah.
6. Batasan cadangan yang diestimasi dimulai dari endapan bauksit sesudah *overburden* dan sebelum *bottom ore*.
7. Kondisi cadangan yang diestimasi merupakan cadangan mula-mula.

1.5. Metodologi Penelitian

Kegiatan yang dilakukan untuk pemecahan masalah dalam rangka kegiatan estimasi cadangan adalah :

1. Pemasukan basis data (koordinat, tebal, kadar) kedalam sistem komputer.
2. Analisis data secara statistik (*mean*, *median*, *standar deviasi*, *coefficient of variation (CV)*, *skewness*, *kurtosis*).
3. Analisis geostatistik berupa studi variogram untuk menentukan parameter estimasi.
4. Evaluasi hasil estimasi metode *OK* menggunakan *cross validation*.
5. Estimasi nilai variabel (tebal dan kadar) menggunakan metode *OK* dengan *fitting model* variogram optimal.

6. Estimasi cadangan endapan bauksit berdasarkan hasil estimasi variabel dari metode yang terbaik.

2. TINJAUAN UMUM

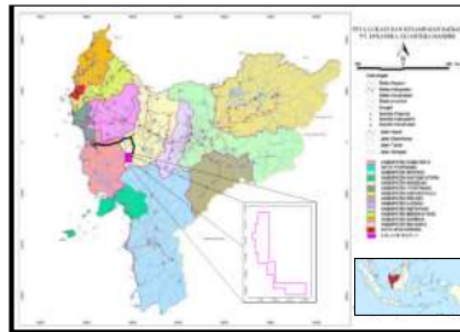
2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

PT. DSM berlokasi di Kecamatan Toba, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Untuk mencapai lokasi, rute yang dilewati adalah Kota Pontianak - Kecamatan Tayan Hilir - Kecamatan Toba. Untuk menuju ke Kecamatan Tayan Hilir dari Kota Pontianak dapat menggunakan kendaraan roda empat maupun kendaraan roda dua dengan kondisi jalan beraspal yang berjarak sekitar ± 107 km. Lama perjalanan apabila tidak dihadapi keadaan macet berkisar ± 2 jam. Dari Kecamatan Tayan Hilir menuju lokasi di Kecamatan Toba dapat menggunakan kendaraan roda empat maupun kendaraan roda dua yang berjarak sekitar ± 41 km melewati jembatan sungai Kapuas. Kondisi jalan yang dilewati beraspal dan lamanya perjalanan sekitar ± 30 menit dari Kecamatan Tayan Hilir.

Secara geografis, lokasi PT. DSM terletak pada koordinat $0^{\circ}00'29''$ hingga $0^{\circ}04'23''$, Lintang Selatan dan $106^{\circ}27'45''$ hingga $106^{\circ}30'15''$ Bujur Timur. Adapun batas-batas wilayah lokasi PT. DSM yaitu :

1. Disebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Tayan Hilir
2. Disebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Meliau
3. Disebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Ketapang
4. Disebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Kubu Raya

Di lokasi, komunikasi masih dapat dilakukan dengan telepon genggam menggunakan operator Telkomsel, sedangkan untuk operator lainnya masih belum tersedia. Untuk perjalanan dari lokasi kantor *site* PT. DSM menuju lokasi penambangan dapat ditempuh menggunakan *light vehicles* dan motor trail yang tersedia dengan waktu berkisar ± 10 menit hingga masuk ke lokasi penambangan.



Gambar 2.1

Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah PT. Dinamika Sejahtera Mandiri

3. Tinjauan Pustaka
3.1. Statistik Univariat

Analisis univariat merupakan alat statistik yang mendeskripsikan data dalam suatu populasi, dengan parameter dasar yang menggambarkan letak data meliputi rerata (*mean*), *modus*, nilai tengah (*median*), nilai maksimum dan minimum. Parameter statistik yang menggambarkan penyebaran (*variabilitas*) data tercermin pada nilai variansi (S^2) dan simpangan baku (S).

Mean, merupakan nilai rerata suatu distribusi. Mean dinotasikan \bar{x} , dan persamaannya adalah :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(3.1)$$

Variansi (S^2) digunakan untuk mengukur pencaran conto acak, dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:
 n = Jumlah data
 x_i = Nilai data ke- i
 \bar{x} = Rata-rata (*mean*) data
 i = Bilangan asli

1 Akar dari variansi disebut simpangan baku (*standart deviation*) merupakan parameter dispersi yang lebih sering digunakan sebagai pengganti varian, karena satuannya sama dengan variabel. Simpangan baku (S) dinyatakan dengan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Ukuran kemencengan kurva (*skewness*) dinyatakan sebagai ukuran simetris atau tidaknya suatu sebaran data dalam histogram. Nilai *skewness* positif apabila kurva histogram mempunyai nilai tengah kurang dari nilai rerata. Sedangkan nilai *skewness* negatif mempunyai nilai tengah lebih dari nilai rerata. Nilai *skewness* mendekati nol berarti distribusi data mendekati bentuk simetris dan nilai rata-rata (*mean*) mendekati nilai data tengah. Nilai *skewness* dinyatakan dengan persamaan:

$$Skewness = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^3 \dots\dots\dots(3.4)$$

Kurtosis adalah ukuran yang menunjukkan kecenderungan keruncingan puncak data. Jika nilai *kurtosis* sama dengan 3 (tiga) berarti keruncingan distribusi data sama dengan distribusi normal, jika nilai *kurtosis* lebih kecil dari 3 (tiga) menunjukkan bahwa distribusi data lebih runcing dari distribusi normal, dan jika nilai *kurtosis* lebih besar dari 3 (tiga) menunjukkan bahwa distribusi data lebih lebar

daripada distribusi normal. Persamaan *kurtosis* dinyatakan sebagai berikut:

$$Kurtosis = \left[\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^4 \right] - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \dots\dots(3.5)$$

Coefficient of variation (CV) merupakan parameter yang menunjukkan sifat keheterogenan suatu kelompok data. Nilai koefisien variasi yang tinggi menunjukkan nilai data yang melebar atau dengan kata lain semakin besar nilai koefisien variasi maka sifat data tersebut semakin heterogen. Secara umum nilai koefisien variasi < 0,5 menunjukkan distribusi normal dan koefisien variasi > 0,5 menunjukkan nilai *skewness* yang positif. Koefisien variansi (*CV*) didefinisikan sebagai perbandingan antara simpangan baku terhadap rata-rata.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \dots\dots\dots(3.6)$$

3.2. Statistik Spasial

Statistik spasial (*geostatistik*) merupakan teknik analisis untuk mengukur distribusi suatu fenomena berdasarkan keruangan. Hal ini berbeda dengan statistik non-spasial yang tidak memasukkan unsur keruangan dalam analisisnya. *Geostatistik* memungkinkan untuk mengkuantifikasi korelasi antar setiap dua nilai yang dipisahkan oleh jarak (h) dan menggunakan informasi ini untuk membuat prediksi pada lokasi-lokasi yang tidak diukur.

Variogram merupakan perangkat dasar dari statistik ruang (*geostatistik*) yang digunakan untuk mengkuantifikasi korelasi ruang antar conto. Variogram eksperimental adalah variogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran, sedangkan variogram model merupakan model matematis secara teoritis. Variogram eksperimental didefinisikan sebagai setengah rerata penjumlahan selisih kuadrat pasangan data yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan:
 $\gamma(h)$: fungsi variogram
 $n(h)$: jumlah pasangan data
 $Z(x_i + h)$: nilai data pada lokasi $(x_i + h)$
 $Z(x_i)$: nilai data pada lokasi x_i
 h : jarak antara dua titik sesuai dengan nilai h

Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara variogram eksperimental dan variogram model sehingga diperoleh nilai parameter kecocokan adalah dengan cara *fitting* (pencocokan) variogram. Proses pencocokan ini disebut dengan analisis struktural (*structural analysis*). Analisis

struktural ini dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter variogram yang terdiri dari *nugget effect* (c_0), *sill* dan *range* (a) yang selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam estimasi metode *kriging*. Terdapat tiga model variogram teoritis yang secara luas digunakan dalam analisis struktural yaitu: *spherical*, *exponential* dan *gaussian*.

3.3. Metode Ordinary Kriging (OK)

Secara sederhana *kriging* menghasilkan seperangkat bobot yang meminimumkan variansi estimasi (*estimation variance*) sesuai dengan konfigurasi conto disekitar titik atau blok yang ditaksir, dan sifat mineralisasi. Sifat mineralisasi dinyatakan dalam fungsi variogram yang mengkuantifikasikan korelasi spasial antar conto. Dengan teknik rata-rata tertimbang (*weighted average*), *kriging* akan memberikan bobot yang tinggi untuk conto yang dekat dengan titik atau blok yang ditaksir, dan sebaliknya bobot yang rendah untuk conto yang jauh letaknya. Selain faktor jarak bobot ini juga ditentukan oleh posisi conto relatif terhadap titik atau blok dan terhadap satu sama lain.

Penaksir *OK*, $\hat{Z}(x_0)$ atau disederhanakan menjadi \hat{Z} yang merupakan kombinasi linier data didefinisikan sebagai:

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^n w_i z_i \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{3.8}$$

Peminimalan variansi dalam sistem persamaan linier disebut sistem OK, yaitu:

$$\sum_{i=1}^n w_i c_{ij} + \mu = c_{j0} \tag{3.9}$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \tag{3.10}$$

Kovariansi $c(h)$ merupakan pengurangan antara *sill* dengan $\gamma(h)$. Formulasi menggunakan kovariansi ini lebih disukai dibandingkan dengan $\gamma(h)$ atau variogram.

Secara sederhana sistem persamaan *kriging* dapat ditulis sebagai berikut:

$$[A].[X] = [B]$$

Dalam bentuk matriks dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} & -1 \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} & -1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \\ \mu \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} c_{10} \\ c_{20} \\ \dots \\ c_{n0} \\ 1 \end{bmatrix} \tag{3.11}$$

Keterangan:

[A] : Matriks kolom simetri yang menyatakan kovariansi antara conto dengan conto

[X] : Matriks kolom bobot persamaan

[B] : Matriks kolom yang menyatakan kovariansi antara conto dengan titik atau blok yang ditaksir.

\hat{Z} : nilai taksiran *kriging*

w_i : bobot sampel ke- i

Z_i : nilai data sampel di lokasi- i

$c(0)$: kovariansi nol, nilainya sama dengan nilai *sill*

$c(i, j)$: kovariansi antara conto dengan conto

$c(i, 0)$: kovariansi antara conto dan blok

μ : pengali *Lagrange*

3.4. Evaluasi Metode Estimasi

Untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode estimasi yang digunakan dilakukanlah pengujian dengan menggunakan metode *cross validation*. Prosedur *cross validation* dilakukan dengan menggunakan salah satu data conto secara bergantian dan tidak digunakan dalam proses estimasi. Nilai dari data conto yang diambil diestimasi menggunakan data conto yang tersisa. Ketika estimasi telah dilakukan maka hasil dari estimasi tersebut dapat dibandingkan dengan nilai data sebenarnya di lokasi data conto yang telah dikeluarkan dari kelompok data sebelumnya. Hasil selisih antara kedua data tersebut merupakan sebuah nilai kesalahan (*error*) dari metode estimasi yang digunakan.

Untuk membandingkan hasil estimasi dari setiap metode dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter statistik yang umum digunakan yaitu : *Mean Error (ME)* dan *Root Mean Square Error (RMSE)*. *ME* digunakan untuk mengetahui derajat bias dari estimasi sedangkan *RMSE* menunjukkan nilai kesalahan dan merupakan nilai selisih rerata antara data terukur dan data terestimasi. Hasil estimasi dikatakan lebih akurat apabila nilai *ME* mendekati nol dan nilai *RMSE* sekecil mungkin.

ME didefinisikan sebagai persamaan berikut :

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Z}(x_i) - Z(x_i)) \tag{3.12}$$

RMSE didefinisikan sebagai persamaan berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{Z}(x_i) - Z(x_i))^2} \tag{3.13}$$

Keterangan :

$\hat{Z}(x_i)$ = nilai estimasi pada titik ke- i

$Z(x_i)$ = nilai pengukuran pada titik ke- i

n = jumlah prediksi

3.5. Perataan dan Pembobotan Kadar

Dalam perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk estimasi metode *kriging* diperlukan data kadar dan tebal yang mewakili satu sumur uji secara keseluruhan.

Berikut ini merupakan rumus rerata dan pembobotan kadar :

Rata-rata biasa

$$C_{av} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + \dots + k_n}{n}$$

Pembobotan satu dimensi (tebal)

$$C_{av} = \frac{(t_1 \times k_1) + (t_2 \times k_2) + (t_3 \times k_3) + \dots + (t_n \times k_n)}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n} \dots(3.14)$$

Keterangan:

C_{av} : nilai kadar rerata (%)

k_n : nilai kadar pada interval- n (%)

t_n : ketebalan lapisan pada interval- n (m)

3.6. Metode Blok Reguler

Estimasi cadangan menggunakan metode blok reguler merupakan salah satu metode estimasi cadangan yang membagi endapan menjadi beberapa blok berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang. Setiap blok memiliki informasi mengenai ketebalan endapan maupun kadarnya yang diwakili dari nilai di titik tengah blok tersebut.

Setiap blok akan diestimasi variabelnya menggunakan metode estimasi geostatistik yaitu *OK (Ordinary Kriging)*. Blok diletakkan mengisi seluruh area yang akan ditaksir hingga menutupi outline cadangan.

Luas dan volume endapan dalam satu blok dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = p \times l \dots\dots\dots(3.15)$$

$$V = p \times l \times t$$

$$= A \times t \dots\dots\dots(3.16)$$

Keterangan:

A = luas blok (m^2)

l = lebar blok (m)

V = volume blok (m^3)

t = ketebalan lapisan endapan (m)

p = panjang blok (m)

4. PENGOLAHAN DATA DAN HASIL

4.1. Basis Data Assay

Basis data merupakan seluruh data hasil sumur uji (*test pit*) yang diperoleh dari kegiatan eksplorasi dan kadar hasil analisis laboratorium conto sumur uji. Data tersebut terdiri dari ID sumur uji, koordinat (*easting* dan *northing*), elevasi dari mulut sumur uji, kedalaman sumur uji, titik awal (*from*) dan akhir (*to*) setiap interval kedalaman sumur uji, serta kadar hasil analisis laboratorium meliputi Al_2O_3 dan SiO_2 .

Jumlah seluruh sumur uji di daerah penelitian adalah 75 titik dengan interval conto 1 m tiap endapan bauksit, kedalaman maksimum 6,1 m dan

kedalaman minimum 0,5 m serta jarak rata-rata antar titik sumur uji sebesar 50 m.

4.2. Basis Data Dengan Kadar Rerata

Tabel 4.1

Contoh Tabulasi Data Dengan Kadar Rerata Pada Endapan Bauksit

No	X (m)	Y (m)	Elevasi (m)	ID Sumur Uji	Tebal (m)	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)
1	395384,06	9964442,99	24,21	M RTP2019	1,80	46,95	1,47
2	395538,73	9964300,46	36,51	M RTP2020	2,00	51,11	1,05
...
33	395498,05	9964179,62	35,61	M RTP2051	2,80	50,46	1,77
...
75	395488,51	9964489,16	26,24	M RTP2093	2,10	53,93	1,68

Pembuatan basis data rerata dilakukan pada setiap kadar terdiri dari Al_2O_3 dan SiO_2 yang perhitungannya menggunakan persamaan (3.14). Untuk data ketebalan cukup dengan menjumlahkan ketebalan endapan tiap interval. Data kadar rerata ditabulasikan dalam *spread sheet excel* untuk kemudian digunakan sebagai basis data dalam perhitungan secara dua dimensi dengan menggunakan *software ArcGis v.10.3*.

4.3. Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan terhadap kadar Al_2O_3 , SiO_2 dan ketebalan endapan bauksit. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kondisi distribusi data yang digunakan.

Tabel 4.2

Hasil Analisis Statistik Data Al_2O_3 , SiO_2 dan Ketebalan Pada Endapan Bauksit

Parameter	Tebal (m)	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)
Minimum	0,5	44,775	0,46
Maksimum	6,1	55,98	6,1262
Mean	2,3987	50,918	1,8895
Median	2	51,058	1,6774
Standar Deviasi	1,0319	2,2965	1,1043
CV	0,4302	0,0451	0,5844
Skewness	1,1762	-0,50157	2,0895
Kurtosis	4,5833	2,9649	8,2696
Jumlah Data	75	75	75

4.4. Studi Variogram

Studi variogram dilakukan menggunakan data kadar Al_2O_3 , SiO_2 dan ketebalan pada blok Mg. Ruai dengan tujuan untuk mengetahui korelasi spasial antar conto. Analisis variogram dilakukan

dengan menggunakan software ArcGis v.10.3. Studi variogram eksperimental dilakukan dalam berbagai arah pencarian yaitu arah utara-selatan, timur-barat, barat laut-tenggara dan arah barat daya-timur laut. Sedangkan luas daerah pencarian dinyatakan dengan *angle tolerance*, parameter jarak antar conto (*lag size*) serta jumlah *lag* (*number of lags*).

Dalam penentuan jarak *lag* dan jumlah maksimum *lag* menurut *rule of thumb* dikatakan bahwa jarak *lag* yang baik ialah sesuai dengan jarak antar titik sumur uji/titik lubang bor. Sedangkan untuk jumlah maksimum *lag* ditentukan berdasarkan setengah dari jarak terjauh dari semua titik sumur uji/titik lubang bor. Untuk mendapatkan pasangan data yang baik digunakan jarak *lag* sebesar 50 m dan menggunakan jumlah maksimum *lag* sebesar 5 sehingga luas daerah pencarian maksimum sejauh 250 m dengan *angle tolerance* sebesar 22.5°.

Diketahui bahwa untuk tiap variabel (tebal, Al₂O₃ dan SiO₂) memiliki bentuk variogram anisotrop geometri, dikarenakan nilai range tiap arah memiliki nilai yang berbeda sehingga menghasilkan daerah pencarian yang berbentuk elips. Untuk variabel tebal dan Al₂O₃ memiliki nilai *range* yang besar pada arah timur laut - barat daya. Sedangkan untuk variabel SiO₂ memiliki nilai *range* yang besar pada arah tenggara - barat laut.

Setelah mengetahui bentuk variogram yang digunakan dilakukan penentuan model variogram untuk masing-masing variabel yang akan diestimasi. *Fitting model* variogram teoritis dilakukan sebagai proses pencocokan antara variogram eksperimental dengan model variogram yang sesuai. Tiga model yang digunakan, yaitu model *spherical*, *exponential* dan *gaussian*. Dari analisis variogram ini diperoleh parameter *nugget*, *sill* dan *range* (*major range* dan *minor range*) serta bentuk anisotropi yang akan digunakan pada proses analisis data menggunakan metode OK.

Tabel 4.3

Nilai *Nugget*, *Sill*, *Major Range* dan *Minor Range* dari Hasil *Fitting* Variogram Pada Blok Mg. Ruai

Variabel	Model	Nugget	Sill	Jarak Pencarian Terjauh (m)	Jarak Pencarian Terdekat (m)
Tebal (m)	<i>Spherical</i>	0,9897	1,1745	234,6477	78,4600
	<i>Exponential</i>	1,0223	1,1718	234,6477	78,4600
	<i>Gaussian</i>	1,0787	1,1727	234,6477	78,4600
Al ₂ O ₃ (%)	<i>Spherical</i>	2,8082	5,5537	250	103,8818
	<i>Exponential</i>	0,9700	5,6348	250	83,5934
	<i>Gaussian</i>	3,3417	5,5926	250	88,2600
SiO ₂ (%)	<i>Spherical</i>	0,5859	1,5148	250	83,5934
	<i>Exponential</i>	0,0877	1,5380	234,6477	78,4600
	<i>Gaussian</i>	0,8628	1,5277	250	83,5934

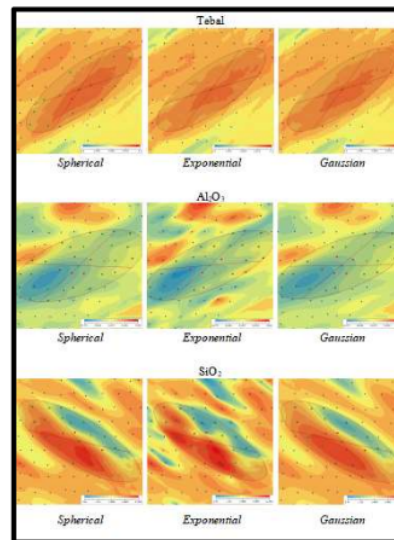
4.5. Estimasi Metode Ordinary Kriging

Parameter selanjutnya yang belum ditentukan adalah jumlah maksimum dan minimum *neighborhood* yang digunakan untuk estimasi. Secara teori, semakin banyak jumlah *neighborhood* yang digunakan semakin kecil pula nilai *RMSE* yang dihasilkan. Dan estimasi bisa dilakukan dengan menggunakan minimal 2 *neighborhood* atau hanya berdasarkan titik terdekat yang biasa disebut sebagai *nearest point* (Jean Paul Chiles & Pierre Delfiner, 1999).

Dalam penelitian ini penulis menggunakan jumlah *neighborhood* maksimum sebanyak 20 data dan minimum 2 data. Penentuan jumlah *neighborhood* maksimum sebanyak 20 data ini berdasarkan penelitian Renard (1983) yang melakukan estimasi *kriging* menggunakan data seismik dengan jumlah standar *neighborhood* yaitu 20 data disertai penggunaan *moving neighborhood* (estimasi menggunakan titik hasil estimasi) (Renard & Yan, 1984).

Proses *kriging* merupakan tahap berikutnya setelah melalui proses studi variogram. Estimasi dari Al₂O₃, SiO₂ dan ketebalan pada blok Mg. Ruai dengan proses *kriging* dua dimensi (2D) dilakukan menggunakan software *Geostatistical Analyst ArcGis v.10.3*. Pada proses ini semua nilai data conto dikoreksi dan diberikan nilai taksiran melalui pembobotan nilai conto disekitarnya (*neighborhood samples*).

Dalam penelitian ini estimasi OK dilakukan dengan metode *point kriging*. Metode ini merupakan teknik estimasi yang mengestimasi nilai suatu titik berdasarkan pada nilai titik-titik conto disekitarnya, sehingga titik yang ditaksir tersebut akan memiliki satu nilai estimasi dan nilai variansi *kriging*.



Gambar 4.1
Kontur Hasil Estimasi Metode OK

4.6. Evaluasi Hasil Estimasi Metode OK

Dari metode *OK* yang dilakukan sebelumnya diperoleh data berupa tebal terestimasi dan kadar (Al_2O_3 dan SiO_2) terestimasi dengan menggunakan tiga model *fitting* variogram yang berbeda pada setiap sumur uji yang ada. Dari perolehan data tersebut dapat dilakukan evaluasi untuk mengetahui hasil estimasi terbaik dari ketiga model *fitting* variogram yang digunakan. Evaluasi ini dilakukan dengan cara *cross validation* yaitu menganalisis dua data yang berbeda pada satu lokasi yang sama. Data yang dievaluasi pada *cross validation* yaitu perbandingan data terestimasi dengan data terukur pada titik sumur uji yang diperoleh di lapangan.

Dari hasil *cross validation* ini akan diperoleh suatu nilai yang menentukan keakuratan estimasi yaitu *RMSE* (lihat persamaan 3.13). *RMSE* ini menunjukkan selisih rata-rata antara data terestimasi dengan data terukur. Semakin kecil nilai *RMSE* menunjukkan bahwa data yang terestimasi semakin mendekati nilai data terukur.

Dari evaluasi ini diperoleh bahwa untuk variabel tebal hasil estimasi metode *OK* terbaik menggunakan model *fitting* variogram *spherical*, sedangkan untuk variabel kadar Al_2O_3 dan SiO_2 menggunakan model *fitting* variogram *exponential*.

Tabel 4.4

Nilai *RMSE* Hasil *Cross Validation* Pada Metode *OK*

Variabel	Model	Nugget Effect	Sill	Range (m)		Arah Major Range	RMSE
				Major	Minor		
Tebal	<i>Spherical</i>	0,9897	1,1745	234,6477	78,4600	N 52,73°E	0,8718
	<i>Exponential</i>	1,0223	1,1718	234,6477	78,4600	N 54,84°E	0,8890
	<i>Gaussian</i>	1,0787	1,1727	234,6477	78,4600	N 54,32°E	0,9399
Al_2O_3	<i>Spherical</i>	2,8082	5,5537	250	103,8818	N 69,61°E	1,3361
	<i>Exponential</i>	0,9700	5,6348	250	83,5934	N 66,62°E	0,4753
	<i>Gaussian</i>	3,3417	5,5926	250	88,2600	N 69,61°E	1,5992
SiO_2	<i>Spherical</i>	0,5859	1,5148	250	83,5934	N 120,94°E	0,5812
	<i>Exponential</i>	0,0877	1,5380	234,6477	78,4600	N 121,82°E	0,0858
	<i>Gaussian</i>	0,8628	1,5277	250	83,5934	N 120,94°E	0,8252

4.7. Estimasi Cadangan

Estimasi cadangan dalam penelitian ini meliputi ketebalan, kadar Al_2O_3 dan SiO_2 , menggunakan model dua dimensi dengan metode blok reguler. Dalam estimasi cadangan, data yang digunakan berdasarkan pada estimasi ketebalan dan kadar yang terletak didalam batas estimasi cadangan (*outline*) yang telah ditentukan.

Tabel 4.5

Hasil Estimasi Cadangan Menggunakan Metode Blok Reguler

Blok	Cadangan (ton)	Variabel	Kadar Rerata (%)	Jumlah Mineral/Logam (ton)
50 m x 50 m	681.885	Al_2O_3	50,8577	346.791
		SiO_2	1,9620	13.379
25 m x 25 m	680.442	Al_2O_3	50,8376	345.920
		SiO_2	1,9553	13.305

Ukuran blok yang digunakan pada estimasi cadangan pada penelitian ini adalah blok 50 m x 50 m atau blok persegi dengan luas 2.500 m² dengan ketebalan berdasarkan hasil estimasi. Jumlah blok ukuran 50 m x 50 m pada lokasi yang akan diestimasi berjumlah 46 blok dan 39 blok tidak beraturan. Estimasi juga dilakukan dengan menggunakan ukuran blok 25 m x 25 m sebagai pembandingan untuk melihat pengaruh ukuran blok terhadap cadangan yang diestimasi nantinya. Jumlah blok ukuran 25 m x 25 m berjumlah 184 blok dan 136 blok tidak beraturan. Hasil dari estimasi cadangan berdasarkan hasil estimasi menggunakan metode *OK* dengan ukuran blok 50 m x 50 m diperoleh sebesar 681.885 ton bauksit dengan nilai kadar Al_2O_3 rerata sebesar 50,8577 % dan kadar SiO_2 rerata sebesar 1,9620 %. Sedangkan hasil estimasi menggunakan ukuran blok 25 m x 25 m diperoleh sebesar 680.442 ton bauksit dengan nilai kadar Al_2O_3 rerata sebesar 50,8376 % dan kadar SiO_2 rerata sebesar 1,9553 %.

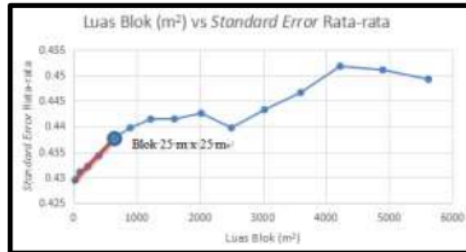
5. PEMBAHASAN

5.1. Analisis Estimasi Cadangan

Pada metode blok reguler, penentuan ukuran blok menjadi hal perlu diperhatikan. Pada penelitian ini penulis menggunakan blok dengan dimensi 50 m x 50 m sesuai jarak spasi antar sumur uji dan blok yang lebih kecil sebagai pembandingan. Untuk ukuran blok yang lebih kecil dari blok 50 m x 50 m dipilih berdasarkan nilai *standard error*. *Standard error* adalah nilai kesalahan yang dapat mencerminkan tingkat keakuratan hasil estimasi terhadap populasinya. Nilai *standard error* ini dapat diprediksi juga menggunakan metode *OK*. Semakin kecil nilai *standard error* maka semakin bagus pula hasil estimasinya.

Dalam penelitian ini nilai *standard error* rata-rata dicari pada tiap ukuran blok yang berbeda-beda dimulai dari blok terkecil (5 m x 5 m) hingga blok terbesar (75 m x 75 m). Dari grafik terlihat bahwa semakin kecil ukuran blok akan merendahkan nilai *standard error* yang menunjukkan semakin tinggi tingkat keakuratan estimasinya. Namun pada grafik ini blok yang dipilih sebagai pembandingan adalah blok 25 m x 25 m dikarenakan terlihat pada grafik dari blok 25 m x 25 m hingga blok 5 m x 5 m

mengalami penurunan yang terlihat linier sehingga dianggap konstan (lihat Gambar 5.1). Oleh sebab itu blok ukuran 25 m x 25 m merupakan ukuran yang optimal pada penelitian ini.



Gambar 5.1

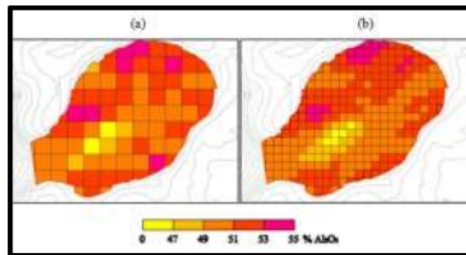
Penurunan Konstan Pada Grafik Hubungan Luas Blok Terhadap *Standard Error* Rata - rata

Dikarenakan blok dengan ukuran 25 m x 25 m memiliki nilai *standard error* rata-rata terkecil yaitu sebesar 0,4376 dibandingkan dengan ukuran blok 50 m x 50 m dengan nilai *standard error* rata-rata sebesar 0,4397. Maka dapat disimpulkan bahwa ukuran blok 25 m x 25 m lebih baik digunakan dikarenakan memiliki nilai kesalahan yang rendah.

5.2. Analisis Persebaran Kadar Al₂O₃ dan SiO₂

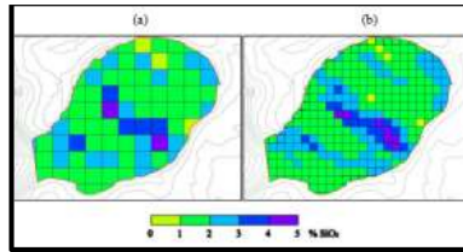
Kadar Al₂O₃ dan kadar SiO₂ menjadi penentu kualitas endapan bauksit. Semakin tinggi kandungan Al₂O₃ dan semakin sedikit kandungan SiO₂ sebagai mineral pengotor pada endapan bauksit maka semakin bagus kualitas endapan tersebut. Oleh sebab itu pada penambangan endapan bauksit perlu diketahuinya persebaran kadar Al₂O₃ dan kadar SiO₂ sehingga dapat diketahui kualitas endapan bauksit baik secara keseluruhan maupun secara per blok.

Kadar Al₂O₃ dan kadar SiO₂ perlu diketahui secara per blok sebagai informasi dalam kegiatan perencanaan tambang. Dikarenakan nantinya dapat direncanakan lokasi yang mana terlebih dahulu ditambang. Serta kadar dapat ditingkatkan maupun direndahkan dengan menggunakan kegiatan *blending*.



Gambar 5.2

Persebaran Kadar Al₂O₃ Terestimasi Pada Blok Mg. Ruai, (a) Ukuran Blok 50 m x 50 m, (b) Ukuran Blok 25 m x 25 m



Gambar 5.4

Persebaran Kadar SiO₂ Terestimasi Pada Blok Mg. Ruai, (a) Ukuran Blok 50 m x 50 m, (b) Ukuran Blok 25 m x 25 m

Persebaran kadar hasil estimasi ditampilkan dengan ukuran blok 50 m x 50 m dan 25 m x 25 m (lihat Gambar 5.2 dan Gambar 5.3). Dari hasil estimasi tersebut terlihat bahwa secara keseluruhan kadar Al₂O₃ berkisar 49 % hingga 53 % Al₂O₃. Sedangkan untuk kadar SiO₂ secara keseluruhan berkisar pada 1 % hingga 2 % SiO₂. Diketahui juga bahwa kualitas endapan bauksit terlihat sangat bagus pada bagian utara blok Mg. Ruai ini, sedangkan pada bagian tengah blok Mg. Ruai justru memiliki kualitas endapan bauksit yang lebih rendah dibanding lokasi lainnya.

5.3. Analisis Pengaruh Parameter Statistik Terhadap Metode Estimasi

Terdapat beberapa parameter statistik yang dapat mempengaruhi keakuratan dari hasil estimasi metode *OK*, seperti *CV* (*Coefficient of Variation*), *skewness* dan *kurtosis*. Berdasarkan teori dikatakan bahwa metode *OK* lebih baik digunakan pada data yang memiliki penyebaran tidak merata dan variansi yang cukup besar. Secara statistik nilai *CV*, *skewness* dan *kurtosis* dapat menentukan tingkat variansi dan penyebaran data. Data yang memiliki variansi yang kecil dan penyebaran yang merata ditunjukkan dengan,

1. Semakin kecil nilai *CV* yang diperoleh
2. Semakin mendekati nilai 0 pada *skewness*
3. Semakin mendekati nilai 3 pada *kurtosis*

Pada penelitian ini, diperoleh data statistik serta nilai *RMSE* yang dapat dilihat pada tabel 5.1 dibawah ini. Data statistik pada variabel SiO₂ memiliki nilai *CV* (0,58) terbesar, *skewness* (2,09) dengan selisih terbesar dari angka 0 serta *kurtosis* (8,27) yang selisih nilainya paling jauh dari angka 3. Terlihat bahwa secara analisis statistik variabel SiO₂ merupakan variabel yang memiliki tingkat variansi paling tinggi dan penyebaran data yang tidak merata. Sedangkan pada analisis *cross validation* pada tiap variabel dengan menggunakan model variogram terbaik, pada variabel kadar SiO₂ memiliki nilai *RMSE* (0,09) yang terkecil dibandingkan dengan variabel lainnya (ketebalan dan kadar Al₂O₃).

Tabel 5.1

Estimasi Cadangan Endapan Bauksit Menggunakan Metode Ordinary Kriging..Eddy W dkk

Korelasi Antara Parameter Statistik dan Parameter
Cross Validation

VariabelParameter	CV	Skewness	Kurtosis	RMSE
Tebal (m)	0,4302	1,1762	4,5833	0,8718
Al ₂ O ₃ (%)	0,0451	-0,5016	2,9649	0,4753
SiO ₂ (%)	0,5844	2,0895	8,2696	0,0858

Dari penelitian ini dapat dibuktikan bahwa data statistik dapat mempengaruhi penentuan metode estimasi yang digunakan. Serta menjelaskan bahwa metode *ordinary kriging* lebih baik digunakan pada data dengan variansi yang tinggi dan penyebaran data tidak merata dibanding data dengan kondisi sebaliknya.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Hasil dari estimasi cadangan berdasarkan hasil estimasi variabel menggunakan metode OK dengan ukuran blok 25 m × 25 m diperoleh sebesar 680.442 ton bauksit dengan nilai kadar Al₂O₃ rerata sebesar 50,8376 % dan kadar SiO₂ rerata sebesar 1,9553 %.
2. Untuk persebaran kadar terestimasi terlihat bahwa secara keseluruhan kadar Al₂O₃ berkisar 49 % hingga 53 % Al₂O₃. Sedangkan untuk kadar SiO₂ secara keseluruhan berkisar pada 1 % hingga 2 % SiO₂. Diketahui juga bahwa kualitas endapan bauksit terlihat sangat bagus pada bagian utara blok Mg. Ruai ini, sedangkan pada bagian tengah blok Mg. Ruai justru memiliki kualitas endapan bauksit yang lebih rendah dibanding lokasi lainnya.
3. Data statistik pada variabel SiO₂ memiliki nilai CV (0,58), skewness (2,09) serta kurtosis (8,27) terbesar yang menunjukkan ketidakteraturan persebaran data tersebut. Sedangkan pada analisis *cross validation* pada tiap variabel dengan menggunakan model variogram terbaik, pada variabel kadar SiO₂ memiliki nilai RMSE (0,09) yang terkecil dibandingkan dengan variabel lainnya (ketebalan dan kadar Al₂O₃). Sehingga menjelaskan bahwa metode OK lebih baik digunakan pada data dengan variansi yang tinggi dan persebaran data tidak merata dibanding data dengan kondisi sebaliknya.

6.2. Saran

1. Membandingkan dengan model variogram lainnya seperti model linier, parabolik, dan lain-lain.
2. Membandingkan hasil estimasi dengan menggunakan estimasi metode poligon (NIP) atau metode seperjarak (IDW).

3. Melakukan validasi data sehingga data yang digunakan menghasilkan estimasi yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional, 2011, *SNI 4726:2011 Tentang Pedoman Pelaporan, Sumberdaya, dan Cadangan Mineral*, Jakarta :BSN
2. Carras, Spero, 1980, *Sampling Evaluation and Basic Principles of Ore Reserve Estimation*, Carras Mining & Associates, Unpublished.
3. Johnshon, K. et.all, 2003, "*ArcGIS 9: Using ArcGIS Geostatistical Analyst*", ESRI, Redlands, United States of America.
4. Notosiswoyo, Sudarto, dkk., 2005, "*Diktat Mata Kuliah: Metode Perhitungan Cadangan TE-3231 Edisi 1*", Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
5. Paul, J. C. & Pierre D., 1999, "*Geostatistics - Modeling Spatial Uncertainty*", John Wiley & Sons Inc, USA.
6. Purnomo, H., 2016, "*Analisis Pendekatan Metode Inverse Distance Weighted (IDW) dan Ordinary Kriging (OK) dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel di Blok "R" PT. Kemakmuran Pertiwi Tambang*", Tesis Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
7. Rauf, A., 1998, "*Penaksiran Cadangan*", Prodi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
8. Rauf, A., 1999, "*Eksplorasi Tambang*", Prodi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
9. Rozi, F. R., dkk., 2013, "*Geologi, Karakteristik dan Genesa Endapan Laterit Bauksit PT. ANTAM (Persero) Tbk*", Program Studi Teknik Geologi, Universitas Diponegoro, Semarang.
10. Sulistyana, W. B., 2017, "*Geostatistik Edisi Kedua*", Prodi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.
11. Valetton Ida, 1972, "*Bauxites*", Elsevier Publishing Company. Amsterdam.

ESTIMASI CADANGAN ENDAPAN BAUKSIT MENGGUNAKAN METODE ORDINARY KRIGING PADA BLOK MUNGGUOK RUAI PT. DINAMIKA SEJAHTERA MANDIRI KECAMATAN TOBA KABUPATEN SANGGAU PROVINSI KALIMANTAN BARAT

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander

Student Paper

8%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On