

**ESTIMASI KANDUNGAN CBM TERTINGGI DENGAN METODE  
ORDINARY KRIGING DI DAERAH MANGUNJAYA DAN  
SEKITARNYA PROVINSI SUMATERA SELATAN**

**Tania Dianda Budhiprameswari, Dewi Rachmatin, & Lukman**

**Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI  
taniadiandabp@gmail.com**

**ABSTRAK**

Kelangkaan energi menjadi salah satu permasalahan penting yang terjadi di Indonesia selama beberapa tahun silam dikarenakan salah satu energi konvensional yaitu minyak bumi lama kelamaan semakin menurun produksinya. Di sisi lain, produksi minyak bumi tidak ramah lingkungan sehingga dibutuhkan solusi sumber alternatif baru untuk mengatasi kelangkaan energi tersebut yaitu CBM (*Coal Bed Methane*) atau gas metana. Pada penelitian ini dilakukan pengestimasian kandungan CBM dengan metode *ordinary kriging*. Pengestimasian ini dilakukan agar didapat lokasi baru pada daerah yang tidak tersampel di sekitar lokasi pengeboran yang sudah ada yaitu sebanyak 39 lokasi baru dengan estimasi kandungan CBM tertinggi sebesar 26,4623173% dan agar didapat prediksi titik pengeboran baru yang mengandung kandungan CBM tertinggi yaitu pada nilai absis  $x$   $02^{\circ}56'34,1758''$ LS, nilai ordinat  $y$   $103^{\circ}37'16,4027''$  BT, dan elevasi  $z$  47,67 meter. Untuk mengefektifkan waktu, proses pengestimasian dan prediksi dilakukan dengan bantuan *software R* menggunakan *package sp* dan *gstat*.

**Kata Kunci:** *Ordinary Kriging*, CBM, *Coal Bed Methane*, *Software R*, Geostatistika

**ABSTRACT**

*The scarcity of energy is becoming the one of important problem that occurred in Indonesia in a few years back because one of the conventional energy that slowly decreasing in the production. On the other hand, oil production isn't enviromentally friendly so it needs a new alternative solutions to overcome the scarcity of energy, which is CBM (Coal Bed Methane) or Methane. In this research the estimation is done with an ordinary kriging method. The estimation is done to obtain a new location in a region that's undetected around the existing drilling location which is 39 new locations with the highest number of CBM 26,4623173% and we could get the new prediction location with the highest number of CBM which is on  $x$   $02^{\circ}56'34,1758''$ LS,  $y$   $103^{\circ}37'16,4027''$  BT, and  $z$  47,67 metres. To make time more efficient, the process of estimation and prediction helped with the assistance of software R using package *sp* and *gstat*.*

**Key words:** *Ordinary Kriging*, CBM, *Coal Bed Methane*, *Software R*, *Geostatistics*

## PENDAHULUAN

Kelangkaan energi menjadi salah satu permasalahan penting yang terjadi di Indonesia selama beberapa tahun silam. Salah satunya adalah kelangkaan gas elpiji 3kg. Kelangkaan gas elpiji 3kg ini terus meningkat dikarenakan tingginya permintaan dari masyarakat menengah ke bawah, sementara bahan baku gas elpiji 3kg berupa energi konvensional yaitu minyak bumi, lama kelamaan semakin menurun produksinya. Di sisi lain, produksi minyak bumi tidak ramah lingkungan. Sehingga dibutuhkan solusi sumber energi alternatif baru untuk mengatasi kelangkaan energi tersebut.

*Coal Bed Methane* (CBM) atau gas metana pada batu bara merupakan salah satu alternatif untuk solusi kelangkaan sumber energi (Raharjo, 2010). CBM diperoleh melalui proses pengeboran pada lapisan batubara yang tidak merusak struktur tanah, sehingga tergolong ramah lingkungan (Raharjo, 2010). Berdasarkan evaluasi yang dilakukan *Advanced Resources International, Inc* (ARI) tahun 2003, Indonesia merupakan negara penyimpan cadangan gas metana batubara terbesar ke-6 di dunia, yaitu sekitar 400-453 TCF (Energisiana, 2012). Hal ini membuat CBM menjadi suatu hal yang menjanjikan bagi masa depan sumber energi alternatif di Indonesia.

Geostatistika terdiri dari berbagai metode penaksiran, salah satunya adalah metode *Kriging*. Metode *Kriging* memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel dan variogram untuk memprediksi nilai pada lokasi lain yang belum dan/atau tidak tersampel dimana nilai prediksi tersebut tergantung pada kedekatannya terhadap lokasi tersampel (Olea, 1999). Pada penerapannya, *Kriging* mengasumsikan kestasioneran dalam rata-rata dan varians, sehingga apabila kestasioneran tersebut tidak dipenuhi, maka *Kriging* akan menghasilkan nilai prediksi yang kurang tepat dan presisi (Olea, 1999). Adanya data pencilan pun membuat nilai prediksi kurang tepat. Data pencilan dapat dikatakan sebagai nilai yang ekstrim, biasanya dikarenakan kesalahan pencatatan, kalibrasi alat yang kurang tepat, dan lain-lain (Noviana, 2015).

Salah satu metode penaksiran dalam geostatistika yang sering digunakan adalah metode *Kriging*. Metode *Kriging* terdiri dari tiga macam, yaitu metode *Ordinary Kriging*, *Simple Kriging*, dan *Universal Kriging*. *Kriging* yang cukup banyak dan mudah digunakan adalah metode *Ordinary Kriging*. Metode ini dibedakan berdasarkan varians dan rata-rata (Cressie, 1985). Ada atau tidaknya varians dan rata sangat berpengaruh dalam metode *Kriging*. Apabila variansnya konstan, maka digunakan metode *Simple Kriging* (Cressie, 1985). Apabila rata-ratanya konstan dan data nya stasioner (tidak mengandung *trend*), maka digunakan metode *Ordinary Kriging* (Cressie, 1985). Apabila rata-ratanya diketahui dan datanya mengandung *trend* (non stasioner) maka digunakan metode *Universal Kriging* (Cressie, 1985). Pada artikel ini, akan dilakukan pengestimasi dengan metode *Ordinary Kriging* karena datanya tidak mengandung tren, dan memiliki rata-rata yang konstan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada metode *Ordinary Kriging*, nilai rata-rata (*mean*),  $\mu$ , dan fungsi kovariansi  $C(h)$  dari fungsi acak  $Z(x)$  tidak diketahui atau dianggap konstan. Maka dari itu, *ordinary kriging* tidak mengasumsikan diketahuinya rata-rata dan kovariansi. Karena alasan inilah, metode *ordinary kriging* dianggap sebagai metode *kriging* paling umum dalam praktik penerapan dan juga tujuannya untuk memprediksi nilai dari variabel acak  $Z(x)$  pada titik yang belum tersampel  $Z(x_\alpha)$  dari daerah geografisnya.

Terdapat beberapa kelebihan dari metode *ordinary kriging* ini, di antaranya:

1. Untuk setiap blok yang ditaksir, dapat diperoleh pula varians *kriging*nya.
2. *Kriging* adalah interpolator yang eksak. Taksiran kadar pada lokasi data akan sama dengan nilai data, jadi tidak ada kesalahan penaksiran.
3. *Kriging* memiliki kemampuan intrinsik untuk menguraikan data dalam proses penaksiran. Hal ini sangat berguna apabila dilakukan penaksiran menggunakan data yang tak beraturan dan berkelompok.
4. *Kriging* mampu menyaring nilai data yang digunakan dalam penaksiran (*screening*)
5. *Kriging* memberikan taksiran yang tak bias secara bersyarat (*conditionally unbiased*)

*Ordinary kriging* mengacu pada prediksi spasial dalam kondisi memenuhi dua asumsi berikut:

1. Rata-rata  $\mu$  dari fungsi acak  $Z(x)$  tidak diketahui, atau konstan.
2. Data berasal dari fungsi random  $Z(x)$  yang memenuhi syarat *intrinsically stationary* dengan fungsi variogram  $\gamma(h)$  diketahui.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}(Z(x+h) - Z(x)) = \frac{1}{2} E[(Z(x+h) - Z(x))^2] \quad \dots(3.4)$$

Berdasarkan basis dari asumsi di atas, dapat didefinisikan prediktor untuk metode *Ordinary Kriging* sebagai berikut:

$$\hat{Z}_\lambda(x) := \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha Z(x_\alpha) = \lambda^T Z \quad \dots(3.5)$$

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha = 1 \quad \dots(3.6)$$

di mana  $\lambda := (\lambda_1, \dots, \lambda_n)^T$  dan  $n$  merupakan banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi. Karena koefisien dari hasil penjumlahan prediksi linier adalah 1 dan memiliki syarat tak bias maka  $E(\hat{Z}(x)) = \mu = E(Z(x))$  untuk setiap  $\mu \in \mathbb{R}$  dan karena  $Z(u)$  merupakan suatu konstanta, maka  $E(Z(x)) = Z(x)$ .

Apabila terdapat estimator *error* yang dinotasikan sebagai  $\hat{\epsilon}(x)$  pada setiap lokasi merupakan perbedaan antara nilai estimasi  $\hat{Z}(x)$  dengan nilai sebenarnya yaitu  $Z(x)$ , yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{\epsilon}(x) = \hat{Z}(x) - Z(x) \quad \dots(3.7)$$

dengan  $E(\hat{\epsilon}(x)) = 0$

Dengan menggunakan persamaan (3.7) dapat dibuktikan bahwa  $\hat{Z}(x)$  merupakan estimator tak bias dengan bukti sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\epsilon}(x) &= \hat{Z}(x) - Z(x) \\ E(\hat{\epsilon}(x)) &= E(\hat{Z}(x) - Z(x)) \\ E(\hat{\epsilon}(x)) &= E(\hat{Z}(x)) - E(Z(x)) \end{aligned}$$

Karena nilai  $E(\hat{\epsilon}(x)) = 0$ , maka diperoleh:

$$\begin{aligned} 0 &= E(\hat{Z}(x)) - E(Z(x)) \\ E(Z(x)) &= E(\hat{Z}(x)) \\ Z(x) &= \hat{Z}(x) \end{aligned}$$

Maka, terbukti bahwa  $\hat{Z}(x)$  merupakan estimator tak bias dari  $Z(x)$ .

Serupa dengan metode *simple kriging*, metode *ordinary kriging* pun bertujuan untuk meminimumkan rata-rata estimator *error* kuadrat. Dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6), dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\hat{\epsilon}(x)) &= E(\hat{Z}(x)^2) - [E(Z(x))]^2 \\ E(\hat{Z}(x)^2) &= \text{Var}(\hat{\epsilon}(x) + [E(Z(x))]^2) \quad \dots(3.8) \\ &= \text{Var}(\hat{\epsilon}(x)) + 0 \\ &= \text{Var}(\hat{\epsilon}(x)) \end{aligned}$$

$[E(Z(x))]^2 = 0$  dikarenakan nilai  $E(Z(x)) = 0$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

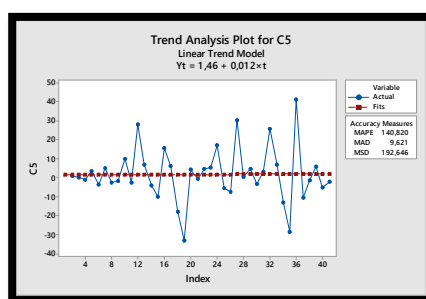
Sumber data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, yaitu data kandungan gas metana (CBM) pada dua titik pengeboran yaitu MJ-01 dan MJ-02 yang terletak di daerah Mangunjaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan.

**Tabel 4.1. Data kandungan gas metana (CBM) pada dua titik pengeboran yaitu MJ-01 dan MJ-02**

No	X (meter)	Y (meter)	Z (meter)	P (%)
1	338967,1	9676049,25	158,25	0,71
2	338967,1	9676049,25	161,25	0,14
3	338967,1	9676049,25	162,25	-0,94
4	338967,1	9676049,25	164,75	3,31

No	X (meter)	Y (meter)	Z (meter)	P (%)
5	338967,1	9676049,25	205,75	-3,73
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
37	346719,41	9674692,33	264,475	-1,43
38	346719,41	9674692,33	265,025	5,65
39	346719,41	9674692,33	256,675	-5,06
40	346719,41	9674692,33	266,075	-2,34

Pertama akan dicek dahulu kestasionerannya dan memperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4.1. Grafik Stasioneritas Data

Terlihat pada gambar di atas, plot tersebut menyatakan bahwa data kandungan CBM tersebut tidak mengandung *trend* atau dapat dikatakan data tersebut sudah stasioner.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji normalitas untuk menentukan apakah residual terbaku berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang akan dilakukan adalah uji *Kolmogorov Smirnov* dan dilakukan dengan bantuan *software SPSS*

1. Hipotesis
  - $H_0$  : Residual terbaku berdistribusi normal
  - $H_1$  : Residual terbaku berdistribusi tidak normal
2. Kriteria Uji
  - $H_0$  ditolak apabila nilai sig.  $< \alpha = 0,05$

Pada gambar di atas, didapatkan nilai sig. sebesar  $0,137 >$  taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Maka  $H_0$  diterima, sehingga residual terbaku berdistribusi normal atau dapat dikatakan data berdistribusi normal.

Fungsi variogram digunakan untuk mencari nilai semivariogram eksperimental. Hasil semivariogram eksperimental beserta pasangan data dan jaraknya ditunjukkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2**  
**Hasil Perhitungan Semivariogram Eksperimental**

Np	Dist	gamma
195	29,99692	205,5404
159	150,90327	223,3537
35	231,03571	229,9805

Kolom ‘np’ menunjukkan jumlah pasangan, kolom ‘dist’ menunjukkan jarak antara dua titik sampel, dan kolom ‘gamma’ merupakan nilai semivariogram eksperimental. Nilai semivariogram eksperimental bergantung terhadap besarnya jarak dan arah lokasi yang tersampel tetapi dalam pengerjaan penelitian ini terbatas hanya pada jarak di setiap lokasi yang tersampel.

Perhitungan model dasar semivariogram teoritis memerlukan beberapa parameter, yaitu parameter *sill* atau variansi dan *range*. Nilai *range* diperoleh secara acak, sedangkan untuk *sill* dapat diperoleh dengan mencari variansinya yaitu (dengan bantuan *software* R) bernilai 224,7226 . Proses *fitting* model dilakukan berulang-ulang sampai nilai *sill* mendekati nilai variansi data, lalu pilih *sill* dan *range* untuk disubstitusikan ke dalam model semivariogram teoritis. Setelah dilakukan percobaan berulang-ulang, maka didapat nilai *sill* dan *range* dari model *spherical*, model eksponensial, dan model *gaussian* yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3**  
**Nilai Sill dan Range dari Model Semivariogram Teoritis Spherical, Eksponensial, dan Gaussian**

Model	Sill	Range
Eksponensial	223,9234	11,99937
<i>Spherical</i>	223,9226	39,68266
<i>Gaussian</i>	223,9226	2,272934

**Tabel 4.4**  
**Perhitungan Jumlah Kuadrat *Error* dari Model Semivariogram Teoritis**

<b>MSE Model Semivariogram Teoritis</b>		
Eksponensial	<i>Spherical</i>	<i>Gaussian</i>
0,02631659	0,02732273	73,25453

Berdasarkan Tabel 4.4., jumlah kuadrat *error* terkecil dari ketiga model tersebut terdapat pada model eksponensial, maka dari itu dapat dikatakan model eksponensial merupakan model terbaik yang selanjutnya akan digunakan pada proses perhitungan *Ordinary Kriging*.

Langkah selanjutnya setelah model semivariogram teoritis terbaik ditentukan, hasil *fitting* model tersebut dapat digunakan dalam pengestimasiannya menggunakan metode *Ordinary Kriging*. Hasil pengestimasiannya menggunakan metode *Ordinary Kriging* ditampilkan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5**  
**Hasil Estimasi Kandungan CBM Menggunakan Metode *Ordinary Kriging***

No	X (meter)	Y (meter)	Z (meter)	P (%)
1	338967,4	9676050	161	0,1603228
2	338967,4	9676050	163,8	1,6296843
3	338967,4	9676050	165	2,8253505
4	338967,4	9676050	167,21	2,8175991
5	338967,4	9676050	209,8	3,0077914
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
37	346729,5	9674689	242	13,580478
38	346729,5	9674689	272,77	25,147421
39	346729,5	9674689	277,77	26,147421

Berdasarkan hasil perhitungan dengan bantuan *software* R, diperoleh 39 titik yang tidak tersampel di sekitar titik pengeboran MJ01 dan MJ02. Dari Tabel 4.5. akan dibuat ringkasan datanya untuk mendapatkan koordinat baru untuk dilakukan pengalihan yang dapat dilihat pada Tabel. 4.6.

**Tabel 4.6. Ringkasan Data Hasil Estimasi Kandungan CBM Menggunakan Metode *Ordinary Kriging***

	X (meter)	Y (meter)	Z (meter)	P (%)
<b>Minimum</b>	338967,40	9674689,40	47,67	-26,004
<b>Maksimum</b>	346729,50	9676052	401,725	26,462

Berdasarkan Tabel 4.6. didapat kandungan CBM tertinggi sebesar 26,4623173% dan kandungan CBM terendah sebesar -26,004%. Sehingga dapat dilihat bahwa terdapat koordinat baru untuk dilakukan penggalian dengan prediksi kandungan CBM tertinggi yang tertera pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7. Hasil Prediksi Koordinat Baru Untuk Dilakukan Pengeboran**

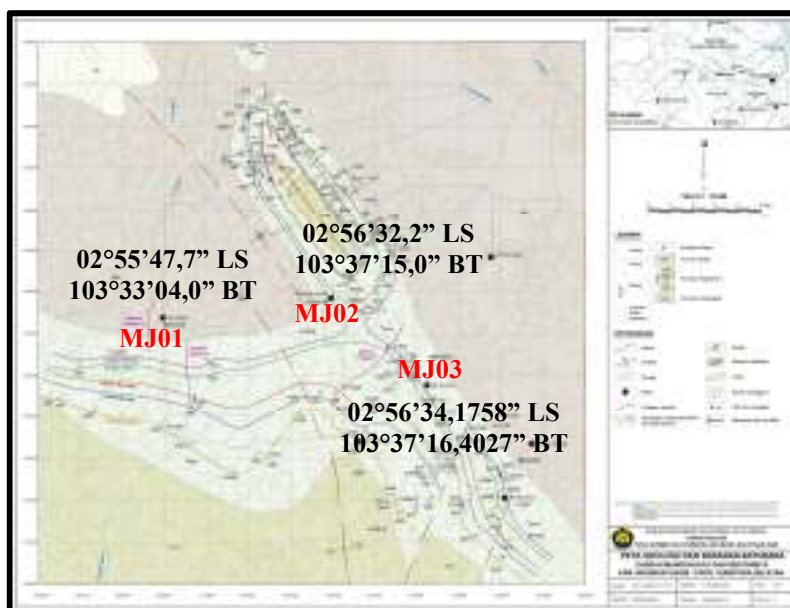
X (meter)	Y (meter)	Z (meter)	P (%)	Varians
346729,50	9676052	47,67	26,4623173	3,381001

Berdasarkan Tabel 4.6. didapat koordinat baru untuk dilakukan penggalian dengan prediksi kandungan CBM tertinggi yaitu pada nilai absis x 346729,50 meter, ordinat y 9676052 meter, dan elevasi z 47,67 meter. Dengan kandungan CBM sebesar 26,4623173% dan nilai *varians* 3,381001.

**Tabel 4.8.**

**Hasil Prediksi Koordinat Baru Untuk Dilakukan Pengeboran  
(Koordinat Geografis)**

X	Y	Z (meter)	P (%)	Varians
02°56'34,1758" LS	103°37'16,4027" BT	47,67	26,4623173	3,381001



**Gambar 4.2**

**Lokasi Dari Lubang Pengeboran Baru (MJ03) yang Terletak di Daerah Mangunjaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan**



## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari skripsi ini adalah:

1. Dalam melakukan pengestimasi kandungan CBM tertinggi pada lokasi yang tidak tersampel di sekitar titik pengeboran tambang MJ01 dan MJ02, dilakukan dengan metode *Ordinary Kriging* dan menggunakan bantuan *software* R dengan syarat data harus bersifat stasioner, sehingga data yang belum bersifat stasioner harus didiferensikan terlebih dahulu. Data yang diperoleh merupakan data sekunder dengan jumlah data sebanyak 40 data yang terdiri dari koordinat geografis dan kandungan CBM di daerah Mangunjaya, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Dengan bantuan *software* R dilakukan perhitungan semivariogram eksperimental dan penentuan semivariogram teoritis terbaik yaitu model eksponensial dikarenakan nilai jumlah kuadrat *error* nya yang paling kecil. Model eksponensial lalu digunakan ke *Ordinary Kriging* dan menghasilkan 39 lokasi yang tidak tersampel di antara titik pengeboran MJ01 dan MJ02 serta kandungan CBM nya. Dari 39 lokasi tersebut, didapat estimasi kandungan CBM tertinggi yaitu 26,4623173%.
2. Dalam memprediksi titik koordinat baru untuk dilakukan penggalian dengan kandungan CBM tertinggi, dilakukan dengan melihat prediksi koordinat dengan kandungan CBM tertinggi yang didapat dari hasil *Ordinary Kriging* nya dengan cara membuat ringkasan data dari hasil tersebut sehingga dihasilkan kandungan CBM tertinggi sebesar 26,4623173% yaitu pada nilai absis x 346729,50 meter, ordinat y 9676052 meter, dan elevasi z 47,67 meter (dalam koordinat jarak) atau pada nilai absis x  $02^{\circ}56'34,1758''$ LS, nilai ordinat y  $103^{\circ}37'16,4027''$  BT, dan elevasi z 47,67 meter (dalam koordinat geografis).

## DAFTAR PUSTAKA

- Cressie, N. (1985). Fitting Variogram Models by Weighted Least Square. *Mathematical Geology* 17, 563-585.
- Energisiana. (2012). *Energi untuk Peradaban*. Dipetik November 10, 2017, dari Energi untuk Peradaban: <https://energisiana.wordpress.com/category/berita-energi-dan-lingkungan>
- Noviana, A. E. (2015). *Metode Robust Kriging dan Penerapannya Pada Data Geostatistika*. Yogyakarta: (Skripsi) Program Studi Matematika Universitas Negeri Yogyakarta (Tidak diterbitkan).
- Olea, R. A. (1999). *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. New York: Springer.
- Raharjo, I. B. (2010). *Belajar Memaknai*. Dipetik November 10, 2017, dari Website Belajar Memaknai: <https://imambudiraharjo.wordpress.com/2010/01/19/mengenal-cbm-coal-bed-methane>

