

# **Analisis Kriging Penaksiran Cadangan Batu Bara di Propinsi Bengkulu**

(Studi Kasus Pertambangan Batu Bara Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma)

**Desy Heryanti<sup>1</sup>, Fachri Faisal<sup>2</sup>, dan Jose Rizal<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Alumni Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu

## **ABSTRAK**

Seiring dengan bertambahnya kebutuhan masyarakat terhadap batu bara, yang banyak digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) ataupun sebagai alternatif pengganti bahan bakar yang telah ada, perlu adanya usaha pemenuhan kebutuhan batu bara. Salah satu caranya, dengan melakukan eksploitasi terhadap kawasan yang diduga mengandung cadangan batu bara. Dengan dukungan data awal eksploitasi jumlah produksi batu bara maka dapat diestimasi jumlah cadangan batu bara di kawasan yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan analisis kriging, khususnya *ordinary* kriging untuk mengestimasi jumlah cadangan batu bara di Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma. Analisis kriging ini dapat menghemat biaya dan mempersingkat waktu dalam proses memprediksi lokasi pertambangan dan estimasi cadangan batu bara. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dari PT Bukit Sunur berupa data mentah jumlah cadangan batu bara di Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma. Hasil studi kasus menunjukkan, lokasi yang memiliki cadangan batu bara yang optimal berada di titik (-246.07m,-1679.98m) dengan estimasi sebesar 9.974 ton.

*Kata kunci:* Estimasi, Analisis Kriging, Ordinary Kriging.

## **PENDAHULUAN**

Kebutuhan batu bara di Propinsi Bengkulu, setiap tahunnya terus meningkat. Untuk pemenuhan kebutuhan akan batu bara ini perlu dilakukan eksplorasi terhadap kawasan pertambangan yang diduga mempunyai cadangan batu bara. Dengan eksplorasi pertambangan batu bara, di harapkan kebutuhan masyarakat akan barang tambang batu bara dapat terpenuhi untuk jangka waktu yang panjang.

Menurut Usmin (2004) hasil eksplorasi pihak Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (SDM) Propinsi Bengkulu, kandungan batu bara di daerah ini mencapai 300.000 hingga 450.000 juta ton per tahun. Cadangan batu bara sebanyak ini hampir terdapat di semua daerah tingkat II yang ada di Bengkulu kecuali kota Bengkulu. Cadangan batu bara terbanyak terdapat di Kabupaten Bengkulu Utara dan Kabupaten Seluma. Khusus di Kabupaten Bengkulu Utara, cadangan batu bara sekitar 60 juta ton. Sisanya tersebar di wilayah Kabupaten Rejang Lebong, Kaur, Muko -Muko, Seluma, Kepayang, dan Kabupaten Lebong.

Selama ini untuk mengetahui jumlah cadangan batu bara di Propinsi Bengkulu Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral langsung meninjau lokasi pertambangan yang mempunyai cadangan batu bara. Sedangkan untuk mengetahui berapa banyak cadangan batu bara di setiap titik pertambangan yang mempunyai cadangan batu bara dengan jumlah yang banyak biasanya dilakukan penggalian di semua titik yang diperkirakan mempunyai cadangan batu bara. Hal ini tentu saja memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tidak sedikit. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan suatu metode yang dapat menaksir cadangan batu bara di suatu kawasan eksplorasi dengan waktu dan biaya minimum.

Pertama kali Metode Geostatistik ini dikembangkan di bidang pertambangan oleh George Matheron (1971) di Pusat Morfologi Matematika, Prancis. Tujuan dari geostatistik adalah untuk menaksir perubahan dalam nilai kandungan bijih yang ada di suatu tambang.

Geostatistik, khususnya analisis kriging merupakan cara penaksiran cadangan yang mempertimbangkan hubungan letak bidang diantara titik-titik pengeboran, sehingga hasil penaksiran cadangan menjadi lebih akurat (Kresno, 1991).

Analisis kriging terdiri dari beberapa tipe salah satunya adalah *ordinary* kriging. *Ordinary* kriging merupakan suatu metode yang sering dikembangkan dengan BLUE (*Best Linier Unbiased Estimator*) yaitu penaksir linier terbaik yang tidak bias. *Ordinary* kriging berbentuk linier karena penaksir-penaksirnya dipengaruhi oleh kombinasi linier data dan tak bias karena bertujuan untuk mendapatkan mean error sama dengan nol. Sedangkan baik, karena bertujuan untuk meminimumkan varian error.

Adapun asumsi-asumsi yang dipergunakan dalam metode Analisis kriging ini adalah:

1. Pada Analisis *simple* kriging, penambahan antara nilai-nilai pengamatan suatu variabel untuk sembarang dua titik diasumsikan stasioner.
2. Pada Analisis *ordinary* kriging, varian penambahan antara nilai-nilai tingkat pengamatan disebut sebagai fungsi kovarian.
3. Struktur korelasi atau kesamaan dari perbedaan nilai-nilai telah diketahui.
4. Sedangkan menurut Weise (2001), karakteristik dari analisis kriging itu sendiri adalah sebagai berikut:
5. Data analisis kriging tidak selalu mempunyai jarak dan sudut yang sama sehingga data dapat dikatakan tidak selalu regular.
6. Hanya nilai ukuran yang ada di sekitar titik yang dapat diperkirakan untuk menaksir serta dipertimbangkan dengan benar.
7. Menghitung estimasi error dengan memberikan suatu ukuran yang pasti dari kehandalan titik-titik perkiraan.

Teknik regional dengan menggunakan autokorelasi antara nilai data yang diketahui untuk menduga nilai ukuran yang belum ada. Autokorelasi adalah hubungan korelasi yang terjadi pada satu variabel di mana nilai-nilai dalam variabel tersebut tidak saling bebas. Sedangkan teknik regional adalah teknik yang memenuhi sifat-sifat terstruktur yang dicirikan dengan sampel-sampel yang lebih dekat, mempunyai nilai yang sama dengan sampel-sampel yang terletak lebih jauh. Reprodusibilitas yaitu menghasilkan nilai penaksiran yang mendekati nilai aslinya dari ukuran ketepatan hasil percobaan yang dilakukan secara berulang.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk menaksir atau memprediksi cadangan batu bara yang dihasilkan dari lokasi penggalian di pertambangan batu bara serta dapat pula diperkirakan lokasi penggalian yang mempunyai potensi cadangan batu bara dengan menggunakan analisis kriging.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana analisis kriging dapat diaplikasikan dalam menentukan cadangan batu bara yang terdapat di lokasi pertambangan batu bara Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma?
2. Manakah lokasi penggalian yang paling memungkinkan untuk menghasilkan cadangan batu bara dalam jumlah yang besar dengan menggunakan analisis kriging?
3. Berapa estimasi jumlah cadangan batu bara yang terdapat di lokasi pertambangan batu bara Propinsi Bengkulu Kecamatan Seluma Kabupaten Seluma?

Agar tidak menyimpang dari permasalahan yang ada dan lebih terarah, maka skripsi ini dibatasi pada analisis kriging dengan tipe *ordinary* kriging yang bermanfaat untuk memprediksi cadangan batu bara. Data berasal dari satu lokasi pertambangan dalam bentuk koordinat dua dimensi titik pertambangan yang sudah ada, serta cadangan batu bara yang terkandung di dalamnya (satuan ton).

Dengan melihat pokok permasalahan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengaplikasikan analisis kriging dalam menentukan cadangan batu bara yang terdapat di lokasi pertambangan batu bara Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma.
2. Memprediksi lokasi penggalian yang mempunyai cadangan batu bara dengan jumlah yang besar di lokasi pertambangan batu bara Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma.
3. Mengestimasi jumlah cadangan batu bara yang akan dihasilkan di lokasi pertambangan Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi pemerintah daerah Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma khususnya PT Bukit Sunur dalam mengaplikasikan kebijakan - kebijakan untuk penanganan masalah cadangan batu bara. Bagi penulis penelitian ini dapat memberikan wawasan dan pengetahuan yang berharga sehingga dapat menerapkan teori analisis kriging ini dengan semua kompleksivitas metode pengerjaan komputernya.

#### TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini berisi tentang teori-teori yang mendukung penulisan diantaranya pengertian Analisis kriging, semivariogram, penjelasan tentang model semivariogram dan *fitting* model semivariogram, validasi model dengan pengujian statistik uji, pengertian semivarian, isotropik dan anisotropik data.

#### Analisis kriging

Analisis kriging merupakan penaksir geostatistik yang dirancang untuk menaksir titik sebagai kombinasi linier dari sampel-sampel yang ada di dalam atau di sekitar daerah pertambangan. Penaksiran ini bersifat tak bias dan memiliki varian minimum. Secara sederhana, analisis kriging menghasilkan seperangkat bobot yang meminimumkan varian penaksir. Varian penaksir ini sesuai dengan geometri dan sifat menetralisasi yang dinyatakan dalam fungsi variogram yang mengkuantifikasikan korelasi *spasial* (ruang) antarsampel yaitu menggunakan kombinasi linier atau rata-rata bobot dari data sampel lubang bor di sekitar daerah pertambangan, untuk menghitung harga rata-rata titik yang ditaksir.

Pembobotan tidak semata-mata berdasarkan jarak, melainkan menggunakan korelasi statistik antar sampel yang juga merupakan fungsi jarak. Oleh karena itu, cara ini lebih canggih dan perilaku anisotropik dapat dengan mudah diperhitungkan. Cara ini memungkinkan penafsiran data kualitas secara probabilistik. Selain itu dimungkinkan pula interpretasi statistik mengenai hal-hal seperti bias, *estimasi variance* dan sebagainya. Dengan ketentuan pembobotan yaitu, rata-rata bobot dari data sampel bobot yang tinggi untuk sampel yang berada di dalam atau dekat dengan lokasi pertambangan, dan sebaliknya bobot yang rendah untuk sampel yang jauh letaknya dari lokasi pertambangan. Selain faktor jarak, bobot ini ditentukan pula oleh posisi sampel yang relatif terhadap lokasi pertambangan. Bobot yang diperoleh dari persamaan kriging tidak ada hubungannya secara langsung dengan sampel yang digunakan dalam penaksiran. Bobot ini hanya tergantung pada konfigurasi sampel di sekitar lokasi pertambangan dan pada variogram (yang walaupun merupakan fungsi namun didefinisikan secara global).

#### Semivariogram

Semivariogram atau suatu fungsi struktur variabel regional digunakan untuk menaksir atau memprediksi cadangan batu bara. Variabel regional adalah variabel yang terdapat dalam ruang yang mempunyai struktur teratur sehingga terdapat autokorelasi dalam variabel tersebut. Semivarian yang merupakan fungsi jarak antara pengamatan, juga sebagai sumber informasi yang digunakan dalam analisis kriging untuk mencapai fungsi bobot yang optimal (Dorsel, 2006).

Semivariogram,  $\gamma(h)$ , didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(s_i+h) - Z(s_i)]$$

dapat diuraikan dalam bentuk

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s+h)_i - Z(s_i)]^2 - [E[Z(s+h) - Z(s)]]^2 \right\}$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s+h)_i - Z(s_i)]^2 - \left\{ [E[Z(s_i+h)]]^2 - 2[E[Z(s_i+h)Z(s_i)]] + [E[Z(s_i)]]^2 \right\} \right\}$$

Karena  $E[Z(s+h)_i \cdot Z(s_i)] = 0$  maka

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s+h)_i - Z(s_i)]^2 - \left\{ [E[Z(s_i+h)]]^2 - 2[0] + [E[Z(s_i)]]^2 \right\} \right\}$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s_i+h) - Z(s_i)]^2 - \left\{ [E[Z(s_i+h)]]^2 + [E[Z(s_i)]]^2 \right\} \right\}$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s_i+h) - Z(s_i)]^2 - \left\{ [E[Z(s_i)]]^2 + E[Z(s_i) \cdot Z(h)] + E[Z(h)]^2 \right\} + [E[Z(s_i)]]^2 \right\}$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s_i+h) - Z(s_i)]^2 - \left\{ [E[Z(s_i+h)]]^2 - [E[Z(s_i) \cdot Z(h)]] + [E[Z(s_i)]]^2 \right\} \right\}$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \left\{ E[Z(s_i+h) - Z(s_i)]^2 - \{0\} \right\}$$

sehingga bentuk lain dari  $\gamma(h)$  adalah:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(s_i+h) - Z(s_i)]^2 \text{ dengan } s_i \text{ dan } s_i+h \text{ dimisalkan sebagai titik yang berada di}$$

$R^1, R^2$ , atau  $R^3$ . Dan  $h$  adalah vektor jarak. Semivariogram menyatakan dua kali kuadrat jarak titik  $(Z(s_i+h), Z(s_i))$  terhadap garis  $Y = X$ , misal  $h = (h_1, h_2)$  vektor di  $R^2$ . Semivariogram merupakan fungsi  $(h_1, h_2)$  atau  $\|h\|$  (fungsi panjang vektor) atau arah vektor  $\theta$ . Untuk sudut tetap, semivariogram menunjukkan pola perubahan nilai  $Z$  sebagai fungsi dari jarak. Untuk jarak tertentu, semivariogram menunjukkan pola perubahan nilai  $Z$  sebagai fungsi dari arah vektor.

### Model Semivariogram

Menurut Armstrong (1999), semivariogram merupakan besaran utama dalam proses penaksiran cadangan mineral. Misal  $Z$  suatu proses *spasial stasioner* dengan kovarian  $C(h)$  dan  $\hat{Z}$  suatu bentuk kombinasi linier  $Z(s_1), \dots, Z(s_n)$ .

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

Keterangan:

$\hat{Z}$  = penaksir dari suatu titik sampel

$\lambda_i$  = bobot titik ke- $i$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

$Z(s_i)$  = jumlah dari titik sampel  $s_i$

Oleh karena varian merupakan besaran tak negatif, maka diperoleh syarat

$$\begin{aligned} 0 \leq \text{var}(\hat{Z}) &= \text{var} \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \lambda_i^2 \text{var}(Z(s_i)) + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \text{cov}(Z(s_i), Z(s_j)) \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) \end{aligned}$$

untuk setiap titik  $s_1, \dots, s_n$  dan setiap bobot  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ .

Kombinasi linier  $\hat{Z} = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)$  dikatakan *admissible* jika jumlah bobot sama dengan nol,

$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0$ . Setiap kombinasi linier penambahan  $\sum_{i=1}^n [Z(s_i + h) - Z(s_i)]$  memenuhi syarat *admissible*

karena setiap penambahan melibatkan bobot +1 dan -1. Sebaliknya, setiap kombinasi linier *admissible* dapat ditulis sebagai kombinasi linier penambahan. Syarat *admissible* untuk semivariogram dengan melibatkan bobot -1 adalah

$$0 \leq \text{Var} \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \right) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(s_i, s_j)$$

Berdasarkan syarat di atas, model semivariogram dapat dipilih

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(s_i, s_j) \leq 0$$

untuk setiap titik  $s_1, \dots, s_n$  dan setiap bobot  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  dengan  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0$ .

### Fitting Model Semivariogram

Menurut Kitanidis (1997), analisis struktural adalah analisis fitting model semivariogram pada semivariogram eksperimental. *Sill* dan *range* merupakan parameter utama dalam proses fitting model semivariogram. *Range* mempresentasikan korelasi spasial. Nilai *sill* sama dengan nilai varian sampel. Perpotongan semivariogram dengan sumbu tegak dinamakan *nugget effect*. Hal ini berkaitan dengan varian untuk jarak lebih kecil dari jarak minimum antar sampel. Kombinasi linier model semivariogram dinamakan model *nested*. Sebagai contoh *Nugget + Spherical* merupakan suatu model *nested*. Metode fitting model semivariogram menggunakan dua jenis metode pendekatan yaitu pendekatan manual dan pendekatan konfirmasi. Pendekatan manual memanfaatkan karakteristik model semivariogram, sedangkan pendekatan konfirmasi (uji hipotesa) dikembangkan melalui residual.

Suatu proses spasial  $\{Z(s_i), s \in D\}$  stasioner jika mean  $E(Z(s_i)) = m(s_i) = m = \text{konstan}$

$$C(h) = \text{Cov}[Z(s+h), Z(s)], s \in D .$$

Fungsi  $C(h)$  disebut kovarian yaitu fungsi panjang vektor dan sudut,  $C(h) = C(\|h\|, \theta)$ ,  $h \in D$ . Kovarian memenuhi  $C(0) = \text{Var}Z(s) = \sigma^2$  jika  $\text{Cov}[Z(s+h), Z(s)] = 0$  maka

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var} [Z(s_i + h) - Z(s_i)]$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var} [Z(s_i + h) + Z(s_i)]$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} [\sigma^2 + \sigma^2]$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} [2\sigma^2]$$

$$\gamma(h) = \sigma^2$$

Untuk proses stasioner berlaku hubungan semivariogram dengan kovarian yaitu:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E [Z(s_i + h) - Z(s_i)]^2 - E [Z(s_i + h).Z(s_i)]$$

$$2(\gamma(h)) = E [Z(s_i + h) - Z(s_i)]^2 - 2E [Z(s_i + h).Z(s_i)]$$

$$2(\gamma(h)) = \{E [Z(s_i + h) - Z(s_i)]^2 - 2C(h)\}$$

$$2(\gamma(h)) = 2 \{C(0) - C(h)\}$$

maka didapatkan:

$$\gamma(h) = C(0) - C(h)$$

Korelasi spasial didefinisikan melalui kovarian adalah:

$$\rho(h) = \frac{C(h)}{C(0)}, -1 \leq \rho < 1$$

Semivariogram (data) empirik/eksperimental adalah:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j) \in N(h)} [Z(s_i) - Z(s_j)]^2$$

$$= \frac{\sum_{(i,j) \in N(h)} [Z(s_i) - Z(s_j)]^2}{2N(h)}$$

Keterangan:

$\hat{\gamma}(h)$  = Penaksir semivariogram hasil percobaan yang dihitung dari data as li

$Z(s_i)$  = Nilai cadangan dari titik sampel  $s_i$

$h$  = Jarak antara pasangan titik data

$N(h)$  = banyaknya pasangan data berjarak  $h$ .

Proses fitting model semivariogram:

- Hitung semivariogram eksperimental  
 $\hat{\gamma}(h_i), i = 1, \dots, m$ . Plot  $\hat{\gamma}(h_i)$  terhadap  $h_i, i = 1, \dots, m$ .
- Pilih model teoritis berdasarkan karakteristik fenomena yang diamati; geometri mineralisasi, geologi endapan (*horse shoe*).
- Validasi model, statistik uji
- Dengan  $Z(s)$  suatu proses spasial dan  $Z(s_1), \dots, Z(s_n)$  realisasi pengukuran dari  $Z(s)$ .  
Andaikan proses mengikuti semivariogram isotropik  $\gamma$ .

Proses fitting model semivariogram adalah:

Interpolasi  $Z(s_2)$  diberikan  $Z(s_1)$ :  $Z_{ok.2}(s_2) = Z(s_1)$ , dan  $\sigma_{ok.2}^2 = 2\gamma(s_1 - s_2)$ .

Residual  $r_2 = Z(s_2) - \hat{Z}(s_2)$  dan normalized residual  $\varepsilon_2 = \frac{r_2}{\sigma_{ok.2}}$

Untuk pengukuran ke-k:

$$r_k = Z(s_k) - \hat{Z}(s_k), k = 2, \dots, n$$

$$\varepsilon_k = \frac{r_k}{\sigma_{OK.k}}, k = 2, \dots, n$$

Distribusi residualnya adalah (Kitanidis, 1997)

$$E[\varepsilon_k] = 0, k = 2, \dots, n$$

$$E[\varepsilon_k \varepsilon_1] = \begin{cases} 1, & k = 1 \\ 0, & k = 2, \dots, n \end{cases}$$

### Validasi Model

Validasi model semivariogram terdiri dari dua statistik uji yaitu:

1. Statistik  $Q_1$

$$Q_1 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n \varepsilon_k$$

$$Q_1 \text{ berdistribusi } N\left(0, \frac{1}{n-1}\right)$$

$$\text{Model semivariogram } (\gamma) \text{ ditolak jika } |Q_1| > \frac{2}{\sqrt{n-1}}$$

2. Statistik  $Q_2$

$$Q_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n \varepsilon_k^2$$

$$(n-1)Q_2 \text{ berdistribusi } \chi_{n-1}^2$$

$$\text{dengan } E[Q_2] = 1, \text{ dan } E[(Q_2 - 1)^2] = \frac{2}{n-1}$$

$$\text{Model semivariogram } \gamma(h, \theta) \text{ ditolak jika } Q_2 > U \text{ atau } Q_2 < L$$

### Semivarian

Teori variabel adalah teori yang sifat-sifatnya tidak terstruktur. Teori variabel tidak menggunakan autokorelasi, tetapi menggunakan *property* relasi, yaitu semivarian yang menyatakan derajat hubungan antara titik pada suatu permukaan. Semivarian secara sederhana adalah setengah varian dari perbedaan antara semua kemungkinan bidang titik-titik dengan suatu konstanta bagian jarak.

Semivarian pada jarak  $d = 0$  harusnya nol, karena tidak ada perbedaan antara titik-titik yang dibandingkan terhadap titik-titik itu sendiri. Namun, karena titik-titik itu dibandingkan dengan peningkatan titik-titik renggang, maka semivarian meningkat. Pada beberapa jarak yang disebut *range*, semivarian akan menjadi penaksir yang sama dengan varian. Ini merupakan jarak terbesar yang mana nilai pada suatu titik berhubungan dengan nilai pada titik yang lain. *Range* menyatakan hampiran maksimum yang mengontrol titik-titik dan diseleksi untuk mengestimasi suatu sudut *grid*, dengan mendapatkan korelasi statistik antarobservasi. Pada keadaan di mana sudut *grid* dan observasi ditempatkan sehingga semua jarak melampaui *range*, analisis kriging menghasilkan penaksiran yang sama secara statistik klasik yaitu rata-rata (*mean*).

**Nugget, range, dan sill**

Ada tiga parameter yang menggambarkan semivariogram yaitu:

*Nugget* ( $c_0$ ) : Merupakan parameter yang tidak diketahui, penyimpangan ukuran error dapat terlihat pada variogram sebagai intercept dari variogram.

*Range* ( $a$ ) : Ukuran yang mengontrol derajat korelasi antara titik-titik data. Biasanya merupakan suatu jarak.

*Sill* ( $c$ ) : Nilai dari semivarian sebagai jarak ( $h$ ) yang menuju keadaan tidak terhingga. *Sill* sama dengan total varian data.

Diberikan dua parameter *sill* dan *range* pada model semivariogram. Konstanta pada teori model semivarian diketahui sebagai “efek *nugget*”. Konstanta ini mengindikasikan pengaruh dari pusat konsentrasi tinggi pada data yang mencegah nilai semivariogram hasil percobaan melampaui nilai asli.

**Isotropik dan anisotropik data**

Semivariogram dihitung sekurang-kurangnya dalam empat arah utama (0, 45, 90, 135). Jika semivariogram hanya tergantung pada jarak, proses dinamakan proses isotopik. Dinamika proses tidak tergantung pada arah. Proses memiliki pola sama ke semua arah. Jika semivariogram merupakan fungsi dari arah dan jarak, proses dinamakan anisotropik. Anisotropik dibedakan atas anisotropik geometrik dan anisotropik zonal. Anisotropik geometrik memiliki *sill* sama tetapi *range* berlainan. Anisotropik zonal memiliki *sill* tidak sama tetapi *range* sama (Armstrong, 1999).

**Ordinary kriging**

Ordinary kriging adalah estimator yang tak bias serta dapat memprediksi nilai minimum varian error. Pada ordinary kriging ini mean dan variannya belum diketahui, tetapi mempunyai model probability yang dapat digunakan untuk menghitung nilai varian error.

Misalkan penaksir linier bias adalah:

$$\hat{Z}(s_0) = \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)$$

Untuk menaksir nilai suatu titik sembarang  $s_0$ , maka dapat digunakan kombinasi linier  $Z(s_1), \dots, Z(s_n)$  dan  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ :

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) \quad \hat{Z}, Z(s_i) \forall \text{ variabel acak}$$

Dengan variabel acak dapat dihasilkan estimasi error  $R(s_0)$ , yang didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang ditaksir dan nilai data:

$$\begin{aligned} R(s_0) &= \hat{Z} - Z(s_0) \\ &= \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) - Z(s_0) \end{aligned}$$

varian error pada  $s_0$  adalah:

$$\begin{aligned} E[R(s_0)] &= E \left[ \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i) - Z(s_0) \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \lambda_i E[Z(s_i)] - E[Z(s_0)] \end{aligned}$$

jika  $E[R(s_0)] = 0$  maka  $\sum_{i=1}^n \lambda_i E[Z(s_i)] - E[Z(s_0)] = 0$



$$\sum_{i=1}^n \lambda_i E[Z] - E[Z] = 0$$

Sehingga

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Dari persamaan 2.12 dapat ditunjukkan bahwa  $\hat{Z}$  merupakan penaksir linier tak bias jika dan hanya jika  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ . Varian error  $\sigma_{ok}^2$  adalah:

$$\begin{aligned} \text{var}(R(s_0)) &= \text{var}(\hat{Z} - Z(s_0)) \\ &= \text{cov}(\hat{Z}, \hat{Z}) - \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) - \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) + \text{cov}(Z(s_0), Z(s_0)) \\ &= \text{cov}(\hat{Z}, \hat{Z}) - 2 \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) + \text{cov}(Z(s_0), Z(s_0)) \\ &= \text{cov}(\hat{Z}, \hat{Z}) + \text{cov}(Z(s_0), Z(s_0)) - 2 \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) \\ &= \text{var}(\hat{Z}) + \text{var}(Z(s_0)) - 2 \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) \\ &= \text{var}\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)\right) + \text{var}(Z(s_0)) - 2 \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) \end{aligned}$$

diasumsikan  $\text{var}(Z(s_0)) = \sigma^2$  dan  $\text{var}\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)\right) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j)$

maka  $\text{var}(R(s_0)) = \sigma^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0))$  dimana

$$\begin{aligned} 2 \text{cov}(\hat{Z}, Z(s_0)) &= 2 \text{cov}\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i), Z(s_0)\right) \\ &= 2 E\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i), Z(s_0)\right) - 2 E\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(s_i)\right) E(Z(s_0)) \\ &= 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i E(Z(s_i), Z(s_0)) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i E(Z(s_i)) E(Z(s_0)) \\ &= 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh persamaan varian error yaitu:

$$\sigma_{ok}^2 = \sigma^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0))$$

Dengan menggunakan parameter *Langrange*  $\mu$  didapatkan persamaan baru yaitu:

$$\sigma_{ok}^2 = \sigma^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) + 2\mu \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 \right\} \text{ karena } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

$$\text{maka } 2\mu \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 \right\} = 0$$

Varian error akan diminimumkan dengan menghitung turunan parsial pertama dari persamaan diatas terhadap  $\lambda_i$  dapat dituliskan:

$$\begin{aligned} \frac{\partial [\sigma_{ok}^2]}{\partial \lambda_i} &= \frac{\partial \left[ \sigma^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) + 2\mu \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 \right\} \right]}{\partial \lambda_i} \\ &= \frac{\partial \left[ \sigma^2 + \left\{ \lambda_i^2 C(s_i, s_i) + 2\lambda_i \sum_{j=2}^n \lambda_j C(s_i, s_j) \right\} - 2\lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) + 2\mu \lambda_i \right]}{\partial \lambda_i} \\ &= 0 + \left\{ 2\lambda_i C(s_i, s_i) + 2 \sum_{j=2}^n \lambda_j C(s_i, s_j) \right\} - 2 \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) + 2\mu \\ &= 2 \sum_{j=2}^n \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) + 2\mu \end{aligned}$$

Dengan membuat turunan persamaan ini sama dengan 0 sehingga menghasilkan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} 2 \sum_{j=2}^n \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) + 2\mu &= 0 \\ \sum_{j=2}^n \lambda_j C(s_i, s_j) + \mu &= \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Sistem persamaan ini sering mengarah pada sistem *ordinary kriging* yang dapat ditulis dalam bentuk matriks yaitu:

$$\begin{matrix} \tau & \lambda & = & g \\ \begin{pmatrix} C_{11} & \dots & C_{1n} & 1 \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ C_{n1} & \dots & C_{nn} & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ m \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} C_{10} \\ \vdots \\ C_{n1} \\ 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Keterangan

$\tau$  = Model semivariogram antara semua pasangan lokasi sampel

$\lambda$  = Bobot

$g$  = Model semivariogram antara semua pasangan ukuran lokasi dan prediksinya

Mengalikan setiap  $n$  persamaan yang diberikan dalam persamaan 2.16 dengan  $\lambda_i$  menghasilkan bentuk berikut:

$$\lambda_i \left( \sum_{j=2}^n \lambda_j C(s_i, s_j) + \mu \right) = \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) \quad \forall i = 1, \dots, n$$

bentuk  $\mu$  yang sederhana adalah:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) = \sum_{j=1}^n \lambda_j \text{cov}(Z(s_j), Z(s_0)) - \mu$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.16 menjadi 2.13, maka didapatkan bentuk minimum varian error :

$$\begin{aligned}\sigma_{ok}^2 &= \sigma^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(s_i, s_j) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) \\ &= \sigma^2 + \sum_{j=1}^n \lambda_j \text{cov}(Z(s_j), Z(s_0)) - \mu - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{cov}(Z(s_i), Z(s_0)) \\ &= \sigma^2 - \left( \sum_{j=1}^n \lambda_j \text{cov}(Z(s_j), Z(s_0)) + \mu \right)\end{aligned}$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yaitu penelitian yang bertujuan untuk memperoleh penemuan-penemuan yang berkenaan dengan aplikasi atau penerapan teori-teori tertentu (Mardalis, 1989). Penelitian ini diperlukan untuk mengetahui berapa besar cadangan batu bara dengan menggunakan analisis kriging, khususnya *ordinary kriging*.

Adapun yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah 11 data titik lokasi pertambangan batu bara di Propinsi Bengkulu di Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah koordinat lokasi dan nilai produksi batu baranya, yang digunakan untuk menentukan jumlah cadangan batu bara di lokasi pertambangan batu bara di Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma.

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari PT Bukit Sunur yaitu berupa *raw data* (data mentah) cadangan batu bara di Propinsi Bengkulu tepatnya Kabupaten Seluma Kecamatan Seluma.

### Teknik Analisis Data

Tahap-tahap analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meyeleksi jenis data, apakah termasuk dalam point kriging, blok kriging, atau co kriging.
2. Menentukan apakah data termasuk ke dalam kelompok data reguler atau irreguler.
3. Memperlihatkan plot semivariogram eksperimental.
4. Memilih satu yang terbaik dari model teoritikal semivariogram yang sesuai dengan karakteristik data yang berdasarkan pada eksperimental.
5. Melakukan validasi model dengan statistik uji  $Q_1$  dan  $Q_2$  yang bertujuan untuk mengetahui apakah model semivariogram tersebut dapat diterima atau ditolak.
6. Mengestimasi dengan menggunakan analisis kriging untuk mendapatkan nilai penaksiran cadangan yang mendekati nilai aslinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Seleksi Data

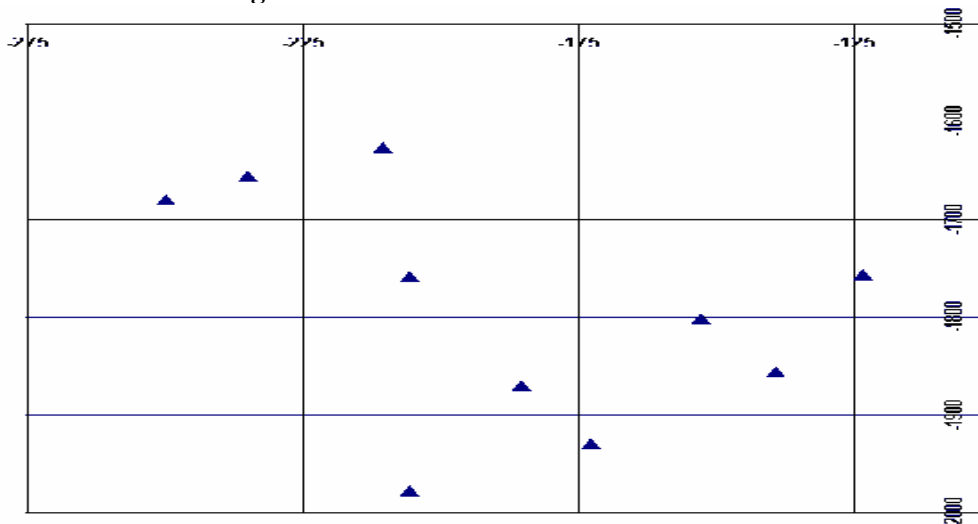
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data point kriging yang berupa titik koordinat yaitu titik koordinat X dan Y yang disertai dengan jumlah cadangan batu bara (Z). Koordinat X adalah koordinat yang menunjukkan arah *north* (utara) dalam satuan meter. Sedangkan Koordinat Y menunjukkan arah *east* (timur) dalam satuan meter, dan Z cadangan batu bara dinyatakan dalam satuan ton. Berikut 11 data lokasi pertambangan batu bara.

Tabel 1. Data Lokasi Pertambangan Batu B ara

No	X (Meter)	Y (Meter)	Batu Bara (Ton)
1	-210.62	-1627.2	0
2	-250.02	-1680	10150
3	-234.96	-1655.4	0
4	179.557	-1698.1	7050
5	-205.58	-1758.2	8610
6	-123.29	-1756.7	8200
7	-152.64	-1801.8	5430
8	-139.09	-1856.6	6220
9	-185.43	-1870.1	7070
10	-172.67	-1929.6	3770
11	-205.59	-1978	4730

Dari Tabel 1 dapat dilihat lokasi yang memiliki produksi batu bara minimum sebesar 0 ton berada pada lokasi (-210.622m,-1627.231m) dan (-234.961m,-1655.441m). Untuk produksi batu bara yang maksimum sebesar 10.150 ton berada pada lokasi (-250.015m,-1679,984m). Berikut ini dapat dilihat plot pertambangan batu bara dari data awal yang diberikan.

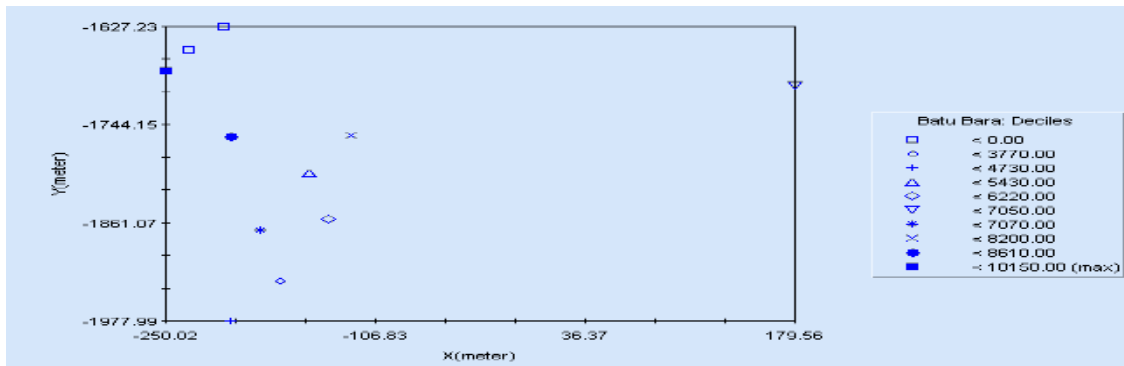
**Plot Lokasi Pertambangan Batu Bara**



Gambar 1. Peta Lokasi Titik Pengeboran Cadangan Batu Bara Kecamatan Seluma

Berdasarkan lokasi data maka semivariogram yang digunakan adalah semivariogram dalam bentuk data yang tidak beraturan (irreguler), dikarenakan jarak antara titik pengeboran yang satu dengan yang lainnya pada data pengamatan lapangan tidak sama.

Titik koordinat yang digunakan pada lokasi pertambangan adalah titik koordinat lokal, yang nilai titik koordinat X dan Y negatif karena lokasi pada peta menunjukkan berada di kuadran tiga. Selain itu koordinat titik pengeboran batu bara Kecamatan Seluma juga dapat dikatakan berada di sekitar arah barat dan selatan Kecamatan Seluma karena titik bernilai negatif dan memiliki acuan arah mata angin.



Gambar 2. Plot Cadangan Batu Bara Kecamatan Seluma.

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa ada 10 pengelompokan *Quartiles* yang masing-masing mempunyai batasan. Untuk simbol kotak ada 2 titik pengeboran dengan nilai cadangan batu bara lebih besar dari 0 ton, sedangkan untuk nilai paling besar dengan simbol segi empat yang ditebali terdiri dari 1 titik pengeboran dengan nilai cadangan batu bara lebih kecil dari 10.150 ton. Dari Gambar 2 juga dapat diidentifikasi bahwa penempatan titik pengeboran tersebar di sekitar lokasi yang akan diprediksi.

### Analisis semivariogram

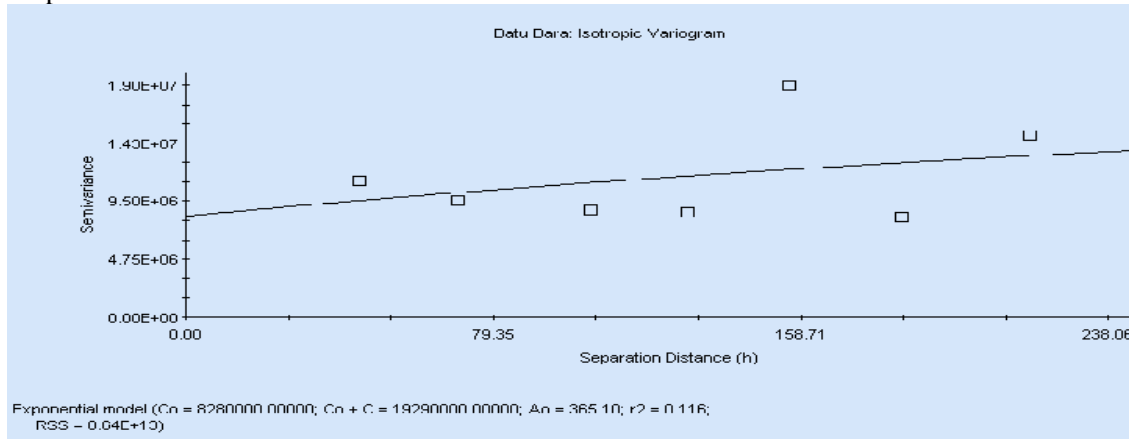
Dalam analisis semivariogram digunakan dua ukuran sampel yang berbeda yaitu yang pertama dengan menggunakan seluruh data (11 data), dan yang kedua dengan menggunakan 9 data. Pada data asli terdapat 2 lokasi titik pengeboran yang mempunyai nilai 0 karena tidak didapatkan informasi dari kedua lokasi titik pengeboran tersebut maka yang digunakan hanya 9 data. Untuk masing-masing ukuran sampel akan dicari model semivariogram yang autofit dan model semivariogram yang lainnya. Masing-masing model selain autofit, dilakukan 3 kali percobaan dengan mengubah nilai-nilai parameternya.

Sebelum melakukan analisis dengan dua ukuran sampel perlu diketahui nilai dari variogram yang digunakan untuk mengetahui model dari semivariogram eksperimental menggunakan  $G_s^{+7}$  yang dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 3 di bawah ini.

Tabel 2. Nilai Variogram Isotropik Data 11

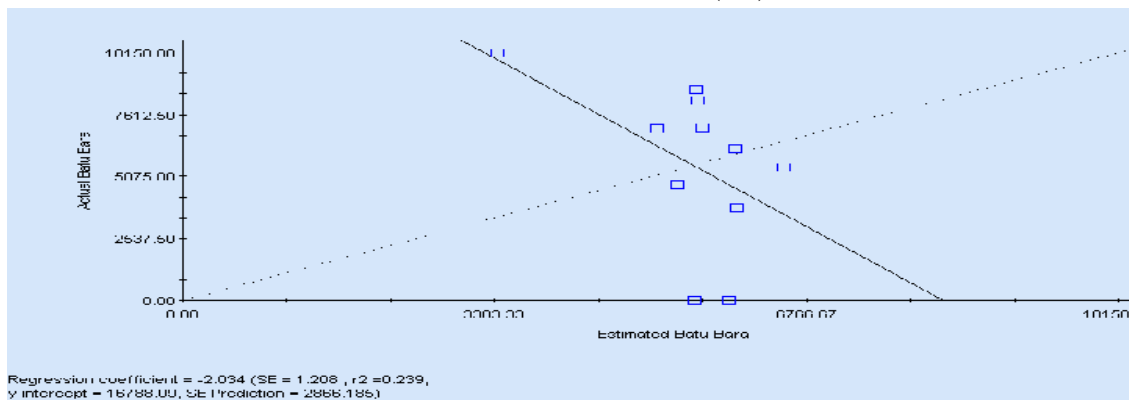
Lag Class	Average Distance	Average Semivariance	Pairs
1			0
2	44.91	11204200.0000	5
3	70.31	9557621.4286	7
4	104.28	8827130.0000	5
5	129.37	8609680.0000	5
6	155.79	19004580.0000	5
7	184.58	8251180.0000	5
8	217.84	14896575.0000	4

Untuk jumlah data 11, model autofit dari model semivariogram adalah model eksponensial.



Gambar 3 Autofit Semivariogram Model Eksponensial

Dengan parameternya nugget ( $c_0 = 8.280.000$ ), sill ( $c = 19.290.000$ ), range ( $a = 365,10$ ). Sehingga dapat diperoleh model linier  $\gamma(h) = 8.280.000 + (bh)$ .



Gambar 4. Cross Validasi Model Eksponensial

Selain hasil output diatas, diperoleh nilai estimasi Z dari 11 data, berdasarkan hasil dari cross validasinya tidak terdapat nilai Z estimasi yang negatif. Namun pada gambar cross validasinya, garis cross validasi tidak mendekati garis regresi linier berarti dapat disimpulkan bahwa model autofit eksponensial tidak baik, yang dapat dilihat pada gambar 4.

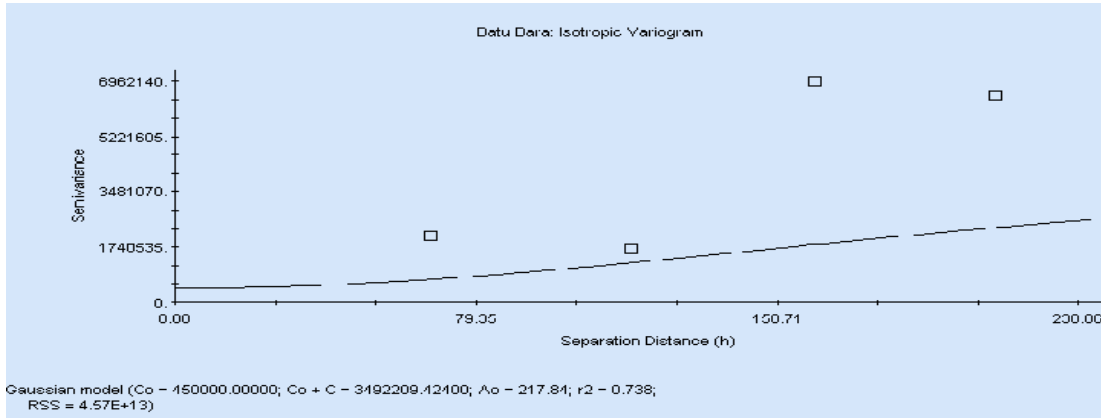
Kemudian untuk 3 model semivariogram lainnya setelah dilakukan 3 kali percobaan ternyata dari 3 model semivariogram itu yaitu model Spherical, Gaussian, dan Linier dapat dilihat bahwa pada masing-masing model terdapat nilai estimasi Z yang negatif sehingga dapat dikatakan bahwa model tersebut tidak baik (gambar cross validasi dan nilai estimasi pada lampiran 1).

Untuk melihat mana di antara 3 model semivariogram yaitu Spherical, Gaussian, dan Linier yang parameter independen berpengaruh terhadap parameter dependen maka dilakukan regresi linier sederhana dengan uji t. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga model semivariogram tersebut tidak baik, (perhitungan uji t pada lampiran 2).

Kemudian, dilakukan analisis semivariogram dengan menggunakan data 9 setelah menghilangkan 2 data titik koordinat (-210.622m,-1627.231m) dan (-234.961m, -1655.441m) karena memiliki nilai aktual Z nol (0) yang diasumsikan tidak ada informasi yang didapat dari lokasi titik pengeboran itu. Hasil autofit adalah semivariogram model Gaussian. Dengan nilai model Eksperimental dan model autofitnya dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai Variogram Isotropik Data 9

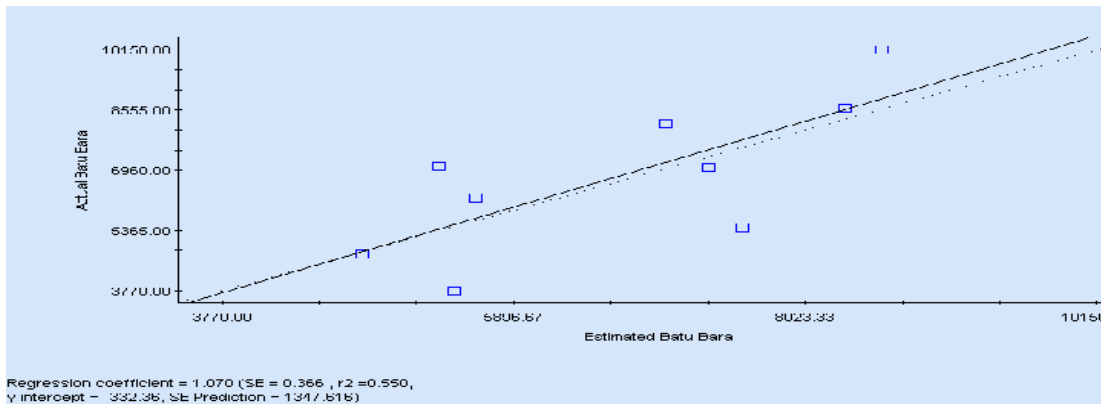
Lag Class	Average Distance	Average Semivariance	Pairs
1			0
2	67.48	2108765.0000	10
3	120.03	1695164.2857	7
4	168.45	6962140.0000	5
5	216.28	6503325.0000	4



Gambar 5. Autofit Semivariogram Model Gaussian

Dari Gambar 5 dapat diketahui parameter-parameternya yaitu nugget ( $c_0 = 450.000$ ), sill ( $c = 2.492.209,424$ ), range ( $a = 217,84$ ) dan persamaannya adalah

$$\gamma(h) = 2.942.209,424 \left( 1 - e^{-\frac{h^2}{217,84^2}} \right).$$



Gambar 6. Cross Validasi Model Gaussian

Dari perhitungan juga didapat gambar 6 dipe roleh nilai estimasi Z untuk 9 data. Berdasarkan hasil cross validasi, tidak ada nilai estimasi Z yang negatif, dan pada gambar cross validasi, garis cross validasi mendekati garis regresi linier dan titik menyebar di sekitar garis sehingga dapat dikatakan bahwa model autofit dengan data 9 ini baik. Kemudian untuk 3 model yang lainnya yaitu Spherical, Eksponensial, dan Linier gambar model semivariogram dan cross validasi dapat dilihat pada lampiran 7 dan 8.

Sama hal dengan data 11 untuk mengetahui apakah parameter independen berpengaruh terhadap parameter dependen maka dilakukan regresi linier sederhana dengan uji t. Dan ternyata, dari

hasil uji t terbukti bahwa parameter independen pada model semivariogram autofit Gaussian untuk data 9, berpengaruh terhadap parameter dependennya. Hasil uji t dapat dilihat pada lampiran 4.

### Validasi Model

Untuk menguji validasi model, digunakan uji statistik  $Q_1$  dan  $Q_2$ . Hasil dari validasi model ini dapat menentukan model apa yang digunakan dalam analisis kriging. Apakah model semivariogram isotropik atau model semivariogram anisotropik atau juga kedua model tersebut dapat digunakan dalam analisis kriging.

#### 1. Statistik uji $Q_1$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $Q_1 = 0,1156$  yang mengikuti sebaran distribusi normal dengan  $E[Q_1] = 0$  dan varian  $E[Q_1^2] = \frac{1}{n-1} = \frac{1}{10} = 0,1$ . Sesuai dengan kriteria uji validasi model, bahwa model semivariogram  $\gamma$  ditolak jika  $|Q_1| > \frac{2}{\sqrt{n-1}}$ .

Karena  $|Q_1| = 0,12344$  dan

$$\frac{2}{\sqrt{n-1}} = \frac{2}{\sqrt{11-1}} = \frac{2}{\sqrt{10}} = 0,63$$

$$\text{maka } |Q_1| < \frac{2}{\sqrt{n-1}}$$

$$0,12344 < 0,63$$

sehingga dapat disimpulkan bahwa model semivariogram isotropik  $\gamma$  diterima pada analisis kriging ini, dan analisis kriging dapat dilanjutkan.

#### 2. Statistik uji $Q_2$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $Q_2 = 0,01839$ . Untuk  $(n-1)Q_2 = (11-1) \times 0,01839 = 0,1839$  yang mengikuti sebaran distribusi khi-kuadrat dengan rata-rata  $E[Q_2] = 1$  dan varian  $E[(Q_2 - 1)^2] = \frac{2}{n-1} = \frac{2}{11-1} = \frac{2}{10} = 0,2$ .

Karena  $Q_2 = 0,01839$ , dengan  $U = 1,94$  dan  $L = 0,364$  yang dapat dilihat pada lampiran 4 yaitu tabel 0,025 dan 0,975 persentil distribusi  $Q_2$ .

Maka  $Q_2 > U$  atau  $Q_2 < L$

$$0,01839 < 1,94$$

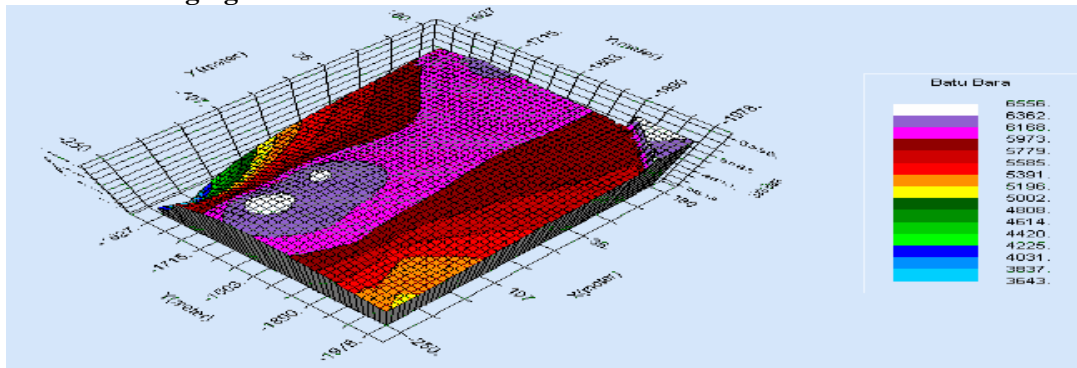
sehingga dapat disimpulkan bahwa model semivariogram anisotropik  $\gamma(h, \theta)$  dapat diterima pada analisis kriging, dan model semivariogram anisotropik dapat digunakan pada analisis kriging ini.

### Analisis Kriging

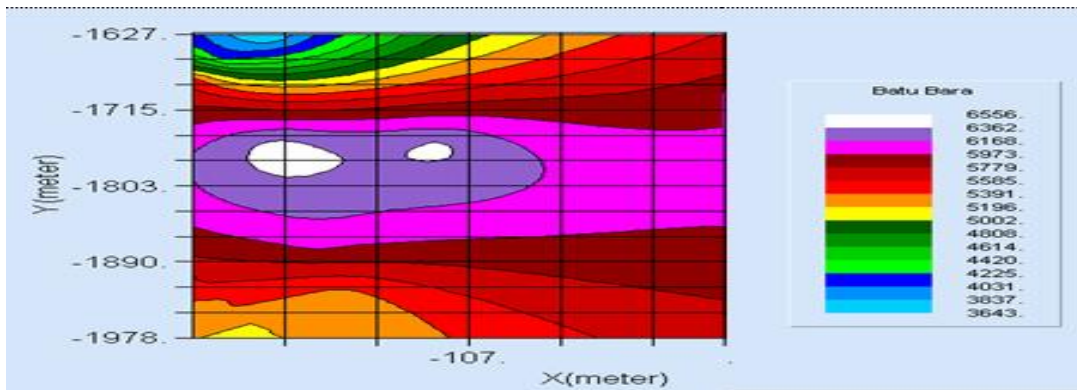
Pada analisis kriging ini digunakan juga 2 ukuran sampel yaitu untuk data 11 dan data 9 yang masing - masing akan diperlihatkan dalam gambar 3D dan 2D yaitu sebagai berikut:



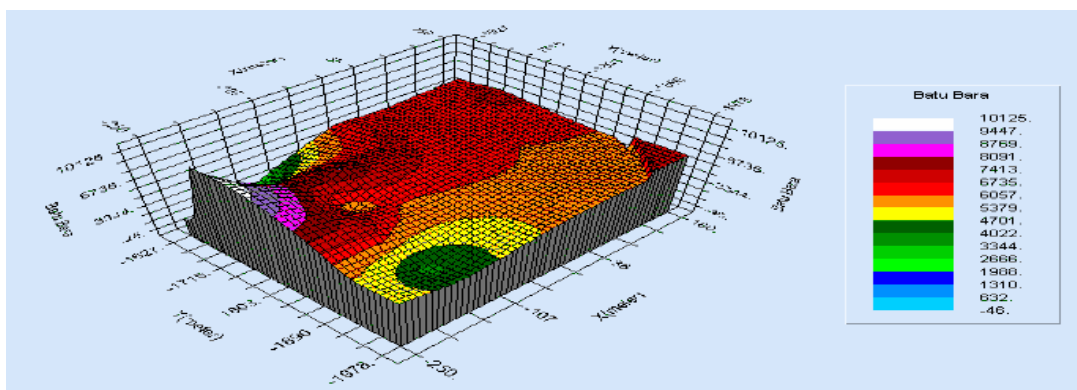
### 1. Analisis Kriging Data 11



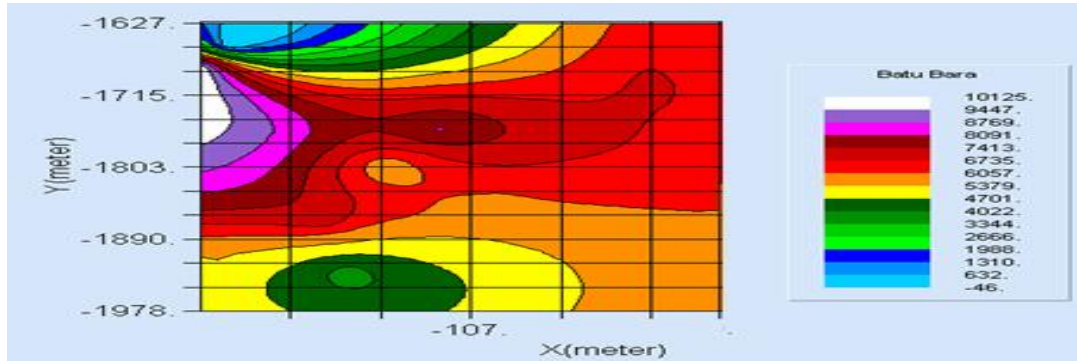
Gambar 7. Lokasi Pertambangan yang baru Model Ekspponential 3D



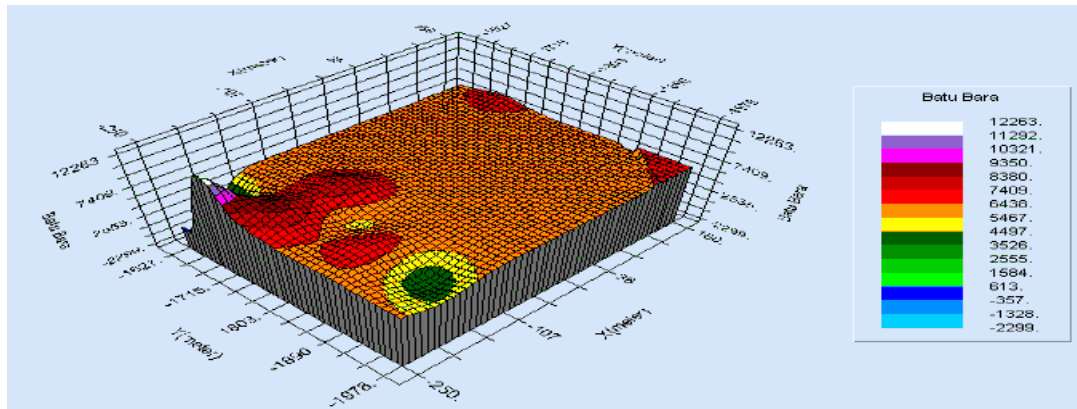
Gambar 8. Lokasi Pertambangan yang baru Model Ekspponential 2D



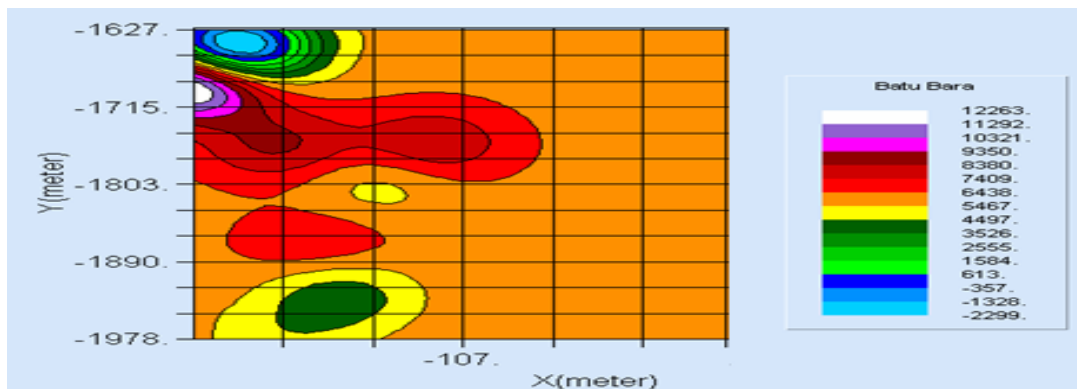
Gambar 9. Lokasi Pertambangan yang baru Model Spherical 3D



Gambar 10. Lokasi Pertambangan yang baru Model Spherical 2D



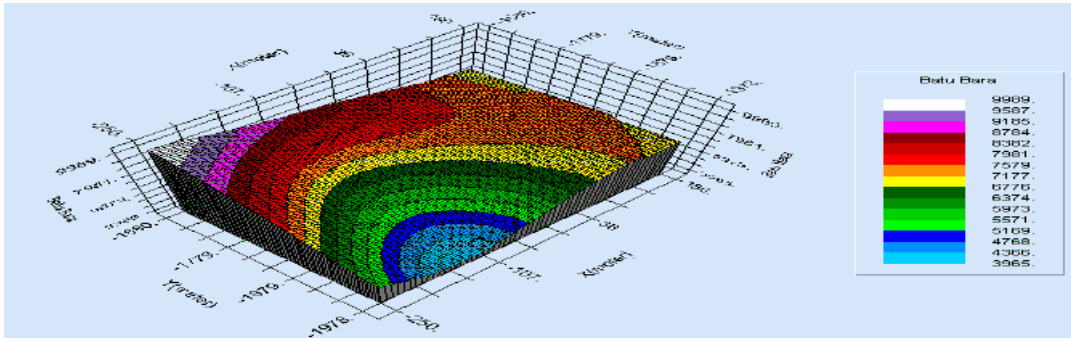
Gambar 11. Lokasi Pertambangan yang baru Model Gaussian 3D



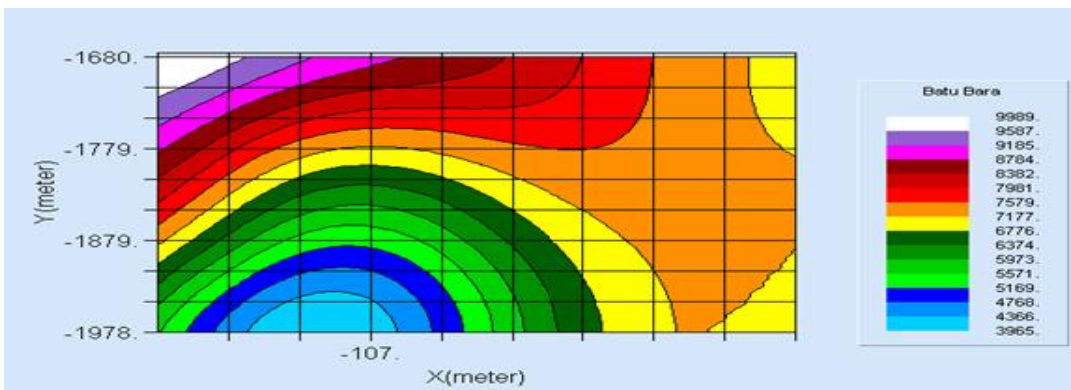
Gambar 12. Lokasi Pertambangan yang baru Model Gaussian 2D

Dari analisis kriging yang menggunakan data 11. Model semivariogram yang ditampilkan dalam bentuk 3D dan 2D adalah model autofit Eksponensial, model Spherica l, serta model Gaussian. Dan dari hasil analisis kriging ini ditemukan 4.992 lokasi pertambangan batu bara yang baru. Lokasi titik pengeboran yang mempunyai jumlah cadangan batu bara dalam jumlah yang besar yaitu p ada titik koordinat (-244.07m,-1679.98m) dengan jumlah cadangan batu bara sebesar 9.974 ton. Sedangkan titik pengeboran yang mempunyai jumlah cadangan batu bara dalam jumlah yang sedikit terdapat pada lokasi titik pengeboran dengan titik koordinatnya (-139.66m, -1977.99m) dengan jumlah cadangan batu bara sebesar 3.964 ton. Bila dilihat pada peta lokasi pertambangan batu bara Kecamatan Seluma maka titik koordinat yang baru berdekatan lokasinya dengan titik koordinat (-250.02m,-1680m) dengan cadangan batu bara sebesar 10.150 ton.

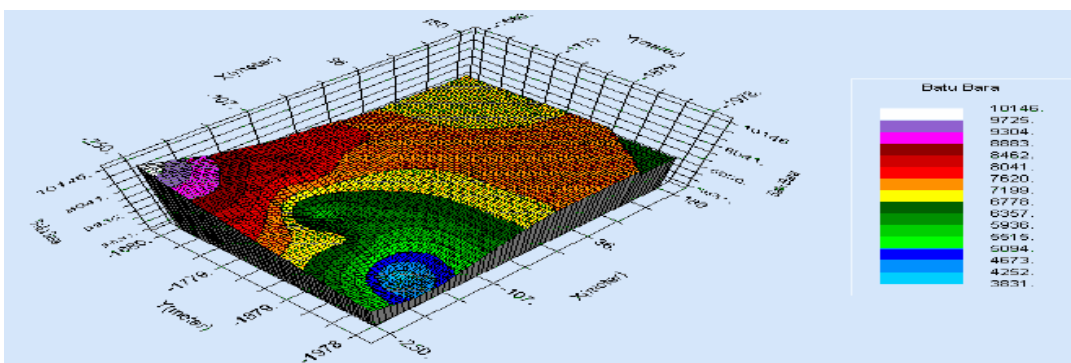
## 2. Analisis Kriging Data 9



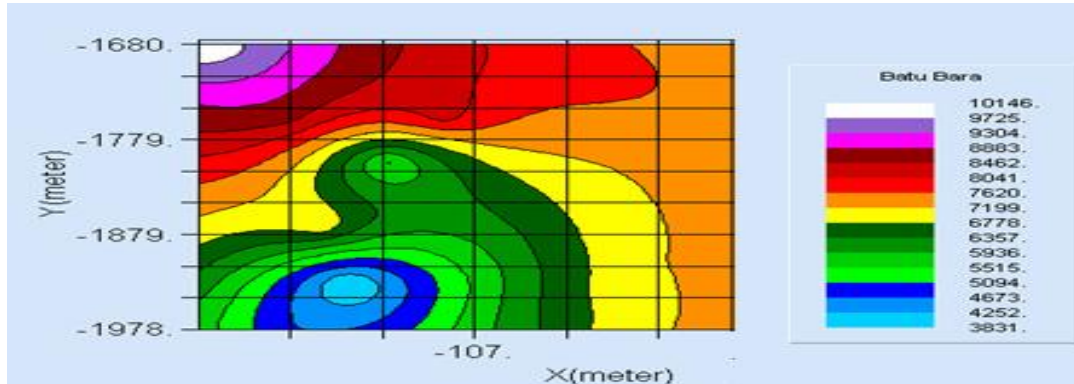
Gambar 13. Lokasi Pertambangan yang baru Model Gaussian 3D



Gambar 14. Lokasi Pertambangan yang baru Model Gaussian 2D



Gambar 15. Lokasi Pertambangan yang baru Model Spherical 3D



Gambar 16. Lokasi Pertambangan yang baru Model Spheri cal 2D

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa: Data pengamatan tidak teratur (irreguler), karena jarak antara data yang satu dengan yang lain tidak sama.

Validasi model menyatakan bahwa model semivariogram isotropik dan model semivariogram anisotropik dapat digunakan dalam analisis kriging, karena kedua syarat validasi model diterima. Namun pada penelitian ini model yang digunakan adalah model semivariogram isotropik

Setelah dilakukan analisis menggunakan *software* Gs<sup>+</sup>7, untuk mendapatkan model semivariogram autofit, dari data 11 dan 9 ternyata yang memenuhi kriteria model yang terbaik itu terdapat pada data 9 dengan model autofit Gaussian dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = 2.942.209,424 \left( 1 - e^{-\frac{h^2}{217,84^2}} \right).$$

Hasil output dari analisis kriging memberikan estimasi cadangan batu bara untuk 4.992 lokasi pertambangan, dengan luas gridnya adalah 12 m<sup>2</sup>. Lokasi pertambangan dengan jumlah cadangan batu bara yang banyak yaitu pada lokasi (-246.07m,-1679.98m) dengan jumlah cadangan batu bara 9.974 ton. Bila dilihat dari peta lokasi pertambangan asli maka lokasi pertambangan yang baru berdekatan lokasinya dengan lokasi (-250.02m,-1680m) dengan cadangan batu bara 10.150 ton.

### 2 Saran

Hendaknya pemerintah dapat memfokuskan peningkatan kualitas dan kuantitas di bidang pertambangan karena kebutuhan manusia terus meningkat dalam pemanfaatan barang tambang khususnya batu bara. Peningkatan kualitas dan kuantitas di bidang pertambangan hendaknya dapat menggunakan teknologi berbasis analisis komputerisasi. Sehingga penaksiran titik koordinat dan cadangan barang tambang umumnya dan batu bara pada khususnya dapat dilakukan lebih efisien lagi baik dari segi waktu maupun biaya.

Selain itu juga disarankan agar dapat melakukan riset yang lebih efektif baik itu data lapangan, pengamatan, teori-teori analisis, sumber-sumber pustaka, dan pengetahuan mengenai analisis *software* maupun yang mendukung.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim. 2006. "Objective Mapping and Analysis kriging". <http://w3eos.choi.edu/12.747/notes/Lecto5/105s03.html>. 25 Maret 2006; 10:10:35.
- [2]. Anonim. 2006. "Semivariance". [http://www.kg5.ku.edu/Tis/Surf3/s3\\_krig2.html](http://www.kg5.ku.edu/Tis/Surf3/s3_krig2.html). 25 Maret 2006; 10:58:27.
- [3]. Armstrong, M. 1999. *Basic Linear Geostatistic*. Berlin: Springer-Verlag.
- [4]. Astuti, P.P. 2002. *Kabupaten Seluma*. Jakarta. Harian Kompas.
- [5]. Chen, Y. 2001. "Semivariogram Fitting With Linear Programming". <http://www.iamg.org/CGEditor/index.htm>. 3 April 2006.
- [6]. DESDM. 2003. *Potensi Sumber Daya Mineral dan Energi*. Bengkulu. Kanwil Departemen Pertambangan Energi Propinsi Bengkulu.
- [7]. Diessel. 1992. *Keberadaan Batu Bara dan Bituminus*. Jakarta.

- [8]. Dorsel, D. dan Timothy. 2006. “*Enviromental Sampling and Monitoring Primer*”. [http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teachySmprimer/analisis\\_kriging/analisis\\_kriging.html](http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teachySmprimer/analisis_kriging/analisis_kriging.html). 25 Maret 2006; 14:26:05.
- [9]. Kitanidis, P.K. 1997. *Introduction to Geostatistic: Application to Hydrogeology* .
- [10]. Mardialis. 1989. *Metode Penelitian Suatu Pendekatan Proposal* . Jakarta: Bumi Aksara
- [11]. Matheror, G. 1971. *The Theory of Regionalized Variables and Its Application (Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique. N.5), Fointainebleau* . France: Cetre de Morphologie Mathematique.
- [12]. New York: Cambridge University Press.
- [13]. Usmin, p. 2004. *Pertambangan Batu Bara di Propinsi Bengkulu* . Bengkulu.
- [14]. Walpole, R..E. dan Raymond, H. M. 1995. *Ilmu Peluang Statistik untuk Insinyur dan Ilmuwan. Edisi ke-4*. Bandung:” Penerbit ITB.
- [15]. Widjaya, J. M. 1992. “*Evaluasi Jaringan Pos Pengamatan Hujan dengan Analisis Kriging*”. [File://c:\My%20Documents\analisis\\_kriging%201.html](File://c:\My%20Documents\analisis_kriging%201.html). 8 Mei 2006; 09:30:03.