



**EVALUASI SUMBERDAYA BATUBARA MENGGUNAKAN  
METODE *ORDINARY KRIGING* DI KABUPATEN KUTAI  
TIMUR, KALIMANTAN TIMUR**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**Laili Maulidia Salsabila**  
**191910901012**

**KEMENTERIAN PEDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
JEMBER  
2024**



**EVALUASI SUMBERDAYA BATUBARA MENGGUNAKAN  
METODE *ORDINARY KRIGING* DI KABUPATEN KUTAI  
TIMUR, KALIMANTAN TIMUR**

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada  
program studi Teknik Pertambangan*

**SKRIPSI**

Oleh:  
**Laili Maulidia Salsabila**  
**191910901012**

**KEMENTERIAN PEDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
JEMBER  
2024**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan rasa Syukur atas berkat Rahmat Allah SWT, skripsi ini dapat terselesaikan dengan tepat. Banyak pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materil yang sangat membantu penulis menyelesaikan skripsi, penulis mempersembahkan skripsi ini untuk:

1. Kedua orangtua tercinta, Ayahanda Budi Santoso dan Ibunda Susi Handayani Sukmawati yang telah memberikan kasih sayang, dukungan dan juga doa nya. Berkat nasihat dan perjuangan mereka penulis dapat pada tahap sekarang ini untuk membanggakan mereka beserta keluarga.
2. Adik tersayang Muhammad Iman Arifin Pasya, terimakasih atas doa, hiburan dan juga semangatnya yang diberikan kepada penulis.
3. Keluarga Besar Djuber dan Gangsar Ardjo.
4. Teman paling supportive, Dhea Monica Setia Putri yang telah memberikan motivasi dan juga saran yang sangat berharga bagi penulis.

**MOTTO**

‘be positive and you will see the positive coming’

*(Christopher Bahng)*

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Laili Maulidia Salsabila

NIM : 191910901012

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Evaluasi sumberdaya batubara menggunakan metode Ordinary Kriging di Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Januari 2024

Yang Menyatakan

Laili Maulidia Salsabila

NIM. 191910901012

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Evaluasi Sumberdaya Batubara menggunakan Metode Ordinary Kriging di Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 17 Januari 2024

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Pembimbing

### Tanda Tangan

#### 1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Fanteri Aji Dharma S, S.T., M.S. (.....)

NIP : 198804092019031012

#### 2. Pembimbing Anggota

Nama : Ir. Haeruddin, S.Si., M.T. (.....)

NIP : 199001012019031016

### Penguji

#### 1. Penguji Utama

Nama : Ir. Siti Aminah S.Si., M.T. (.....)

NIP : 198803232022032011

#### 2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng. (.....)

NIP : 197601112000121002

## **ABSTRACT**

*This research aims to evaluate the estimation of coal resources in East Kutai, and East Kalimantan by analyzing several boreholes. These boreholes were selected based on their distribution map of coal resources. The Ordinary Kriging Method was used in this research with the help of SGeMS Software. For coal tonnage calculations, each borehole's lithology, histogram, variogram fitting results, estimation result values, and kriging variance values were used. The drill point distribution map shows the lithology composition of coal and depth elevation. The coal resource analysis was carried out based on composite data on coal quality, including sulfur value, ash value, caloric value, total coal moisture, and coal geometry data such as coal thickness. The statistical analysis used 210 data points obtained from drill hole data. The variogram model was fitted to all quality data, and the filling process was carried out with a lag distance of 200 based on the data distribution and average drill hole distance. The range and sill values were obtained for each parameter. The range values obtained for each parameter are thickness (410), calories (896), total moisture and ash (1008), and sulfur content (1680). The smaller the range, the more accurate the data obtained. The parameter data was obtained by exporting drill hole point distribution maps consisting of thickness, ash, caloric value, sulfur, and total moisture. The maximum value from the estimation results and the kriging variance results with values of 0.516 m to 1.698 m and 0.2934 m to 0.3252 m were obtained for the thickness parameters. Finally, the estimated values show that there are 43.1 million m<sup>3</sup> and 56.1 million tons of coal in volume and tonnage, respectively.*

**Keywords :** *Coal resources, borehole, Evaluation*

## RINGKASAN

Kriging merupakan suatu metode perhitungan estimasi dalam variabel yang acak, perhitungan pengukurannya melalui variogram. Lalu ordinary kriging merupakan metode kriging yang paling sederhana yang terdapat di geostatistika. Ordinary kriging memiliki asumsi bahwa rata-rata (*mean*) tidak diketahui dan bernilai konstan. Dalam perhitungan sumberdaya dengan menentukan batas-batas untuk setiap area titik bor kemudian menghitung luasan area pengaruh dan dikalikan dengan ketebalan setiap titik bor akan didapatkan volume dari setiap area pengaruh untuk mendapatkan jumlah tonase dari batubara volume batubara dikalikan dengan nilai densitas batubara yang diasumsikan  $1,3 \text{ ton/m}^3$ .

Metode yang digunakan yaitu metode ordinary kriging dengan Langkah-langkah seperti Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Studi Literatur Klasifikasi Sumberdaya Batubara, Analisis Estimasi Sumberdaya Batubara, Metode Ordinary Kriging. Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merumuskan masalah yang akan diolah selanjutnya di dalam Penelitian ini, perumusan masalah juga sebagai tujuan dari dilakukannya Penelitian ini. Pengumpulan data bertujuan untuk mengorganisir data-data yang selanjutnya akan diolah dalam penelitian ini. Data yang didapatkan antara lain nilai statistik deskriptif, nilai *sill*, *nugget effect*, *range*, statistik deskriptif hasil estimasi. Pengolahan data ditujukan untuk menghasilkan data hasil estimasi pada penelitian ini, yang selanjutnya akan di jabarkan melalui pembahasan. Proses pengolahan data antara lain penentuan nilai statistik deskriptif, *fitting* variogram, perhitungan estimasi sumberdaya. Hasil dari estimasi penelitian ini selanjutnya akan di analisa terlebih dahulu dan setelahnya akan dijelaskan di pembahasan.

Analisis statistik yang dilakukan pada peta sebaran lubang bor yang dipilih dan berdasarkan data kualitas Batubara antara lain nilai ketebalan, kadar abu, kalori, kadar sulfur, *total moisture*. Jumlah data yang digunakan untuk analisis statistik berjumlah 210 data yang diperoleh dari data lubang bor. Hasil analisis statistik untuk setiap parameter antara lain rata-rata, median, minimum, maksimum, standar deviasi, varian, standar error, koefisien varians. Nilai masing-masing data kualitas Batubara parameter antara lain ketebalan dengan rata-rata 1.08, median 0.97, minimum 0.22, maksimum 2.38, standar deviasi 0.3, varians 0.27, standar eror 21.26, koefisien varians 15,79; *total moisture* rata-rata 17.57, median 17.5, minimum 10.2, maksimum 24.5, standar deviasi 0.3, varians 7.57, standar eror 0.002, koefisien varian 1.59; kadar abu rata-rata 5.27, median 4.2, minimum 0.7, maksimum 28.4, standar deviasi 10.3, varians 17.84, standar eror 0.71, koefisien varian 190.74; kadar sulfur rata-rata 0.43, median 0.28, minimum 0.13, maksimum 2.52, standar deviasi 0.03, varian 0.22, standar eror 0.021, koefisien varian 12; kalori rata-rata 6101.6, median 6156, minimum 3870, maksimum 6897, standar deviasi 308, varian 179961, standar eror 0.021, koefisien varian 5.34.

Import data untuk *fitting* variogram dengan menggunakan basis data seperti koordinat lubang bor, data kualitas dan geometri Batubara yang telah didapatkan pada statistik deskriptif sebelumnya. Proses *fitting* variogram menggunakan jarak lag sebesar 200 (berdasarkan sebaran data dan jarak rata-rata lubang bor), sehingga

pada akhirnya didapatkan nilai *range*, *sill* dan *nugget effect* yang akan digunakan pada proses estimasi sumberdaya Batubara. Nilai masing-masing setiap parameter antara lain ketebalan dengan *sill* 0.071, *nugget effect* 0.2, *range* 410; *total moisture* *sill* 7, *nugget effect* 0.57, *range* 1008; kadar abu *sill* 7, *nugget effect* 11, *range* 1008; kadar sulfur *sill* 0.2, *nugget effect* 0.015, *range* 1680; kalori *sill* 69961, 110000, *range* 896.

Plotting estimasi sumberdaya Batubara menggunakan metode ordinary kriging dengan bantuan software SGeMS dan data parameter yang telah didapatkan melalui ekspor peta sebaran titik lubang bor yang terdiri dari ketebalan, kadar abu, kalori, kadar sulfur, *total moisture*. Penaksiran nilai kualitas dan geometri pada unit-unit blok model yang lebih kecil (grid), blok atau grid yang digunakan berukuran 50 x 50 x 10, radius pencarian atau *range* untuk setiap parameter adalah 410, yang disesuaikan dengan nilai *range* terkecil dan nilai analisis variogram untuk parameter ketebalan, conditioning data yang digunakan terdapat di angka minimal 5 dan maksimal 12 dan sehingga menghasilkan statistic deskriptif dari hasil estimasi Batubara setiap parameternya. Nilai hasil estimasi Batubara setiap parameter antara lain ketebalan dengan rata-rata 1.06, median 1.04, minimum 0.52, maksimum 1.7, varian 0.4; *total moisture* rata-rata 16.24, median 16.01, minimum 11.94, maksimum 22.07, varian 3.54; kadar abu rata-rata 5.58, median 5.63, minimum 2.07, maksimum 11.54, varian 1.27; kadar sulfur rata-rata 0.35, median 0.32, minimum 0.21, maksimum 1.01, varian 0.01; kalori rata-rata 6188.69, median 6215.25, minimum 5158, maksimum 668.8, varian 44401.4.

## PRAKATA

Puji Syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Evaluasi Sumberdaya Batubara menggunakan metode *Ordinary Kriging* di Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur” tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Teknik Pertambangan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini melibatkan banyak pihak terkait yang telah memberikan dukungan moril ataupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Ir. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan.
3. Bapak Ir. Fanteri Adji Dharma, S.T., M.S. selaku Dosen Pembimbing Utama yang dengan sabar membimbing, memberi saran dan arahan dalam penulisan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan maksimal.
4. Bapak Ir. Haeruddin S.Si., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing saya selama menjadi mahasiswa hingga sampai akhir dari skripsi ini.
5. Dosen Penguji, Ibu Ir. Siti Aminah S.Si., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun untuk skripsi ini.
6. Seluruh anggota keluarga yang memberikan dukungan doa dan materi demi kelancaran pengerjaan skripsi ini dengan baik.
7. Teman-teman yang telah membantu memberikan doa, semangat dan juga dukungan ide, tenaga serta waktu di semasa kuliah sampai pengerjaan skripsi ini selesai dengan tepat pada waktunya.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan baik itu dari isi ataupun format yang tidak sempurna. Oleh karena itu,

penulis menerima dengan terbuka baik itu saran, kritik ataupun diskusi yang membangun dari pembaca. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Jember, 16 Januari 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Batubara .....	4
2.1.1 Analisis Proximate .....	4
2.1.2 Analisis Ultimate.....	5
2.2 Analisis Statistik.....	6
2.2.1 <i>Mean</i> .....	6
2.2.2 Median.....	7
2.2.3 Standart Deviasi .....	8
2.3 Analisis Geostatistik.....	9
2.3.1 Variogram .....	9
2.3.2 Ordinary Kringing.....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Lokasi dan Wilayah Penelitian.....	12
3.2 Stratigrafi regional .....	12

3.3 Data .....	13
3.4 Langkah – Langkah penelitian .....	13
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>16</b>
4.1 Karakteristik Peta sebaran lubang bor Sumberdaya Batubara .....	16
4.2 Analisis Statistik.....	17
4.3 Import Data dan Pemodelan Variogram .....	18
4.4 Analisis Estimasi Sumberdaya .....	20
4.4.1 Ketebalan ( <i>Thickness</i> ) .....	22
4.4.2 Kadar Abu ( <i>Ash</i> ) .....	22
4.4.3 Kalori ( <i>Caloric Value</i> ) .....	23
4.4.4 Kadar Sulfur ( <i>Total Sulphur</i> ) .....	23
4.4.5 <i>Total Moisture</i> .....	24
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>25</b>
5.1 Kesimpulan .....	25
5.2 Saran.....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>26</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>29</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi penelitian di Kabupaten Kutai Timur.....	12
Gambar 2. Peta sebaran lubang bor (didalam lingkaran).....	16
Gambar 3. Hasil estimasi ketebalan dan <i>kriging varians</i> .....	22
Gambar 4. Hasil estimasi kadar abu dan <i>kriging varians</i> . ....	23
Gambar 5. Hasil estimasi Kalori dan <i>kriging varians</i> .....	23
Gambar 6. Hasil estimasi Kadar sulfur dan <i>kriging varians</i> .....	24
Gambar 7. Hasil estimasi <i>Total moisture</i> dan <i>kriging varians</i> .....	24

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Statistik deskriptif data kualitas dan geometri batubara .....	18
Tabel 2 Parameter geostatistik dari <i>fitting</i> model variogram.....	20
Tabel 3. Statistik deskriptif hasil estimasi batubara.....	21

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Litologi dalam Klasifikasi 1 Lubang bor sumberdaya Batubara.....	29
Lampiran 2. Hasil fitting Variogram dengan parameter berturut turut Ketebalan, Kadar Abu, Kalori, <i>Total Moisture</i> , Kadar Sulfur .....	30
Lampiran 3. Histogram Data Awal .....	33
Lampiran 4. Histogram Hasil Estimasi Sumberdaya .....	34

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Batubara adalah batuan sedimen organik yang mengandung jumlah karbon yang bervariasi, hidrogen, nitrogen, oksigen, dan belerang serta jumlah jejak unsur-unsur lain termasuk bahan mineral (Speight, 1994). Batubara merupakan salah satu sumber energi yang penting bagi dunia, yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik sebesar hampir 40% di seluruh dunia. Batubara telah memainkan peran yang sangat penting selama berabad-abad, tidak hanya membangkitkan listrik, namun juga merupakan bahan bakar utama bagi produksi baja, semen, pusat pengolahan alumina, pabrik kertas, industri kimia, serta farmasi. Selain itu, terdapat pula produk-produk hasil sampingan batubara, antara lain sabun, aspirin, zat pelarut, pewarna, plastik, dan fiber (World Coal Insititue, 2005).

Kriging adalah suatu teknik perhitungan untuk estimasi dari suatu variable terregional yang menggunakan pendekatan bahwa data yang dianalisis dianggap sebagai suatu realisasi dari suatu variable acak, dan keseluruhan variable acak yang dianalisis tersebut akan membentuk suatu fungsi acak menggunakan model structural variogram. Pada umumnya perhitungan sumberdaya batubara menggunakan metode polygon dan metoda isoline dimana kedua metoda tersebut tidak menyatakan elemen geometri endapan batubara dalam model yang sistematis, sehingga menyulitkan proses perhitungan sumberdaya batubara. Misalkan permukaan topografi dan bidang perlapisan batubara belum dinyatakan dalam model matematik yang sistematis. Dengan mengekspresikan dan merangkum data-data eksplorasi menjadi sebuah model konseptual dan ekspresi yang komprehensif, maka akan memudahkan perhitungan Sumberdaya batubara. Salah satu solusi dari permasalahan diatas adalah pemodelan dengan Metode Geostatistik Ordinary Kriging (Dedi dan Yoszi, 2013).

Dalam perhitungan sumberdaya dengan menentukan batas-batas untuk setiap area titik bor kemudian menghitung luasan area pengaruh dan dikalikan dengan ketebalan setiap titik bor akan didapatkan volume dari setiap area pengaruh untuk mendapatkan jumlah tonase dari batubara volume batubara dikalikan dengan nilai

densitas batubara yang diasumsikan  $1,3 \text{ ton/m}^3$  (Nurhakim, dkk. 2020). Perhitungan ini ditujukan untuk mengetahui tonase batubara di daerah yang telah dipilih untuk di estimasi.

Maka dari itu, penelitian ini menggunakan metode Ordinary kriging yang bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap estimasi persebaran lapisan batubara, yakni data ketebalan batubara dan kualitas batubara. Perhitungan estimasi persebaran batubara kali ini menggunakan metode perhitungan Ordinary Kriging. Perhitungan Ordinary Kriging menggunakan data ketebalan batubara, dimana hasil dari perhitungan estimasi ini disajikan dalam bentuk peta model estimasi persebaran ketebalan batubara (Natalisanto, 2019).

Alasan dilakukan penelitian evaluasi sumberdaya batubara menggunakan metode ordinary kriging di kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur yaitu karena pada penelitian ini yang dilakukan hanya pada Metode Ordinary Kriging yang meliputi karakteristik peta sebaran lubang bor sumberdaya batubara, Perhitungan dan analisis estimasi hasil dari Metode Ordinary Kriging, dan juga Pengklasifikasian sumberdaya batubara berdasarkan hasil estimasi yang didapat sebelumnya. Metode ini menggunakan semivariogram yang mempresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data (ESRI, 1999).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan Masalah dalam Penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik sebaran lubang bor Sumberdaya Batubara?
2. Bagaimana Variografi estimasi sumberdaya Batubara menggunakan metode Ordinary Kriging
3. Bagaimana hasil estimasi sumberdaya batubara menggunakan metode Ordinary Kriging?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui karakteristik peta sebaran lubang bor Sumberdaya Batubara
2. Mengetahui Variografi dari hasil estimasi sumberdaya Batubara menggunakan metode ordinary kriging

3. Mengetahui dan menganalisis hasil estimasi sumberdaya batubara menggunakan metode Ordinary Kriging

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari Penelitian ini adalah:

1. Hasil dari penelitian ini yaitu perhitungan estimasi dengan Metode Ordinary Kriging
2. Hasil dari penelitian ini dapat membantu dalam mengklasifikasikan sumberdaya batubara yang terdapat pada PT. Z Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur
3. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi saran ataupun masukan dalam klasifikasi sumberdaya batubara pada PT. Z Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dari Penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya menggunakan 29 lubang bor.
2. Penelitian ini tidak meneliti atau mempertimbangkan aspek ekonomi
3. Penelitian ini hanya menggunakan Metode Ordinary Kriging
4. Penelitian ini hanya menganalisis estimasi hasil Metode Ordinary Kriging

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Batubara

Batu bara yaitu mempunyai ciri mulai dari bentuknya berupa batuan padat, mudah terbakar, berkarbon serta rapuh, yang dimana untuk ciri berkarbon pada batu bara tersebut terbentuk dari dekomposisi dan perubahan vegetasi dari pemadatan, kemudian suhu dan tekanan. Untuk warna dari batu bara yaitu dari cokelat hingga hitam dan bisa juga bertingkat. Ada sebagian besar bahan batu bara itu berasal dari precursor kayu, tetapi pada umumnya batu bara bersumber dari vegetasi lumut dan bentuk tanaman rendah lainnya.

Proses ketika precursor tanaman yang pada akhirnya membentuk batu bara itu nanti akan dipadatkan, dibuat keras, diubah secara kimiawi, lalu dapat bermetamorfosis oleh panas serta tekanan pada waktu geologis. Batu bara tempat tumbuhnya di duga di rawa ekosistem yang terbentuk dari asal tumbuhan prasejarah. Biomassa dari batu bara diendapkan pada saat masih kondisi anaerobic, itu dilakukan pada saat tanaman tersebut sudah mati, anaerobik yang dimaksud yaitu dimana kadar oksigen rendah yang dapat mencegah pengurannya diantaranya pembusukan dan pelepasan karbondioksia dilingkungan perairan. Jadi tanaman ini dikategorikan sebagai dari bahan organik dengan pertumbuhannya, kemudian mati dan pada akhirnya membentuk endapan, dan tidak terosidasi yang dimana akan tertutupi oleh sedimen yang telah padat atau sudah dilakukan pemadatan mejadi endapan karbon misalnya gambut atau batu bara bituminus serta antrasit

#### 2.1.1 Analisis Proximate

Berdasarkan *American Society for Testing and Materials (ASTM) D7582-15 Standard test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*, parameter analisis proksimat yang dilakukan meliputi:

- a. Analisis Kadar Air Lembab (Moisture), penentuan kadar ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terdapat dalam batubara.

- b. Analisis Kadar Abu (Ash), abu merupakan kandungan residu noncombustible yang umumnya terdiri dari senyawa-senyawa silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ), kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), karbonat, dan mineral-mineral lainnya.
- c. Analisis Kadar Zat Terbang (Volatile Matter), merupakan kandungan batubara yang terbebaskan pada temperatur tinggi tanpa keberadaan oksigen (misalnya  $\text{C}_x\text{H}_y$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{SO}_x$ ).
- d. Analisis proksimat lain seperti analisis karbon padat didapatkan berdasarkan perhitungan.

Analisis proximate batubara digunakan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas batubara dalam kaitannya dengan penggunaan batubara tersebut, yaitu untuk mengetahui jumlah relatif air lembab (moisture content), zat terbang (VM), abu (ash), dan karbon tertambat (FC) yang terkandung didalam batubara. Analisis proximate ini merupakan pengujian yang paling mendasar dalam penentuan kualitas batubara (Permana, 2016).

#### 2.1.2 Analisis Ultimate

Berdasarkan *American Society for Testing and Materials (ASTM) D5373-16 Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke*, parameter analisis ultimat yang dilakukan meliputi:

- a. Nilai karbon, karbon yang terdapat dalam batubara bertambah sesuai dengan peningkatan derajat batubaranya. Karbon bertambah sesuai dengan naiknya derajat batubara kira-kira 60-100%.
- b. Nilai hidrogen, hidrogen yang terdapat dalam batubara berupa kombinasi alifatik dan aromatik dan berangsur habis akibat evolusi metana.
- c. Nilai oksigen, oksigen yang terdapat dalam batubara berupa ikatan atau kelompok hidroksil, metoksil dan karbonit, merupakan oksigen yang tidak reaktif.
- d. Nilai nitrogen, nitrogen yang terdapat dalam batubara berupa senyawa organik. Nitrogen terbentuk hampir seluruhnya dari protein bahan tanaman asalnya. Jumlahnya sekitar 0,5% sampai 3,0%. Batubara berbitumin biasanya mengandung lebih banyak nitrogen daripada lignit dan antrasit.

e. Nilai sulfur, sulfur dalam batubara umumnya terdapat hanya dalam jumlah kecil dan kemungkinan berasal dari protein tanaman pembentuk dan diperkaya oleh bakteri sulfur.

Analisis ultimate dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen, (N), dan sulfur (S) dalam batubara. Seiring dengan perkembangan teknologi, analisis ultimat batubara sekarang sudah dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Kandungan Oksigen mungkin merupakan indikator yang paling signifikan dari sifat kimia batubara, yaitu untuk keperluan penerapannya di pembakaran, pencairan, dan pengkokasan, serta untuk menentukan peringkat. Kandungan oksigen secara tradisi dihitung sebagai oxygen by different (O diff) yaitu porsi sisa batubara setelah dikurangi C, H, N dan S. Kandungan oksigen diperoleh secara tidak langsung sehingga mengakumulasi semua kesalahan yang terjadi dalam analisis unsur, dan dalam penentuan basis mineral-matter atau basis bebas mineral matter (Simonangkir, 2014).

## **2.2 Analisis Statistik**

Statistik merupakan kumpulan data, bilangan atau non bilangan yang disajikan sedemikian rupa (biasanya dalam bentuk tabel atau grafik) yang menggambarkan suatu persoalan atau keadaan. statistik lebih banyak digunakan untuk menggambarkan keadaan atau permasalahan seperti pencataan banyaknya penduduk, hasil pertanian di suatu daerah, dan sebagainya. Kesimpulan pengertian statistik merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk data berkaitan dengan pengumpulan, pengklasifikasian, penyajian, pengolahan, penganalisan, penafsiran dan penarikan kesimpulan dari data yang berbentuk angka-angka (Sulisetijono, 2016).

### **2.2.1 Mean**

Rata-rata (*mean*) biasa ditulis dalam statistic dengan menggunakan symbol ( $\bar{X}$ ) dibaca exbar. Rata-rata (*mean*) merupakan teknik penjelasan kelompok yang didasarkan atas nilai rata-rata dari kelompok tersebut. Untuk mencari hasil rata-rata (*mean*) dari kumpulan data tunggal maka dapat dicari dengan cara menjumlahkan

seluruh data yang ada kemudian membaginya dengan banyaknya data yang ada.

Rumus rata-rata (*mean*) untuk data tunggal

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (2.1)$$

Atau

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$\bar{X}$  = rata – rata

X = nilai data

n = banyak data

Rumus *mean* untuk data kelompok

$$\bar{X} = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$\bar{X}$  = rata – rata

$f_i$  = nilai frekuensi

$X_i$  = nilai Tengah

### 2.2.2 Median

Median adalah nilai data yang terletak ditengah setelah data itu disusun menurut urutan nilainya sehingga membagi dua sama besar. Median menjadi satu teknik penjelasan kelompok yang didasarkan atas nilai tengah dari kelompok data yang telah disusun urutannya dari yang terkecil sampai yang terbesar, atau sebaliknya dari yang terbesar sampai yang terkecil (Sugiyono, 2007). Median disimbolkan dengan (Me) atau (Md). Untuk mencari nilai median dari data tunggal bisa menggunakan rumus berikut ini. Rumus ini digunakan jika data tunggal yang banyaknya ganjil.

$M_e = \frac{1}{2}(n + 1)$  mencari data ke ...

Jika banyaknya data genap, menggunakan rumus berikut.

$$M_e = \frac{\text{data ke } \left(\frac{1}{2}n\right) + \text{data ke } \left(\frac{1}{2}n + 1\right)}{2} \quad (2.4)$$

Kemudian untuk mencari nilai median pada data kelompok, menggunakan rumus berikut

$$M_e = b + p \left( \frac{\frac{1}{2}n - F}{f} \right) \quad (2.5)$$

Keterangan :

b = batas bawah kelas median, ialah kelas dimana median akan terletak

p = Panjang kelas median

n = banyak data

F = jumlah semua frekuensi dengan tanda kelas lebih kecil dari tanda kelas median

f = frekuensi kelas median

### 2.2.3 Standart Deviasi

Standar deviasi adalah nilai akar kuadrat dari suatu varians dimana digunakan untuk menilai rata-rata atau yang diharapkan. Standar deviasi atau simpangan baku dari data yang telah disusun dalam table frekuensi. Nilai standard deviation merupakan suatu nilai yang digunakan dalam menentukan persebaran data pada suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan nilai *mean* (Sekaran & Bougie, 2016). Nilai standard deviation merupakan suatu nilai yang digunakan dalam menentukan persebaran data pada suatu sampel dan melihat seberapa dekat data-data tersebut dengan nilai *mean*. Berikut ini rumus statistik yang dapat digunakan untuk mencari standar deviasi.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2.6)$$

## 2.3 Analisis Geostatistik

Secara umum, metode geostatistik dapat berfungsi sebagai alat pendukung untuk mengevaluasi kualitas pemadatan dengan teknologi IC (Hu, dkk. 2018). Metode geostatistik digunakan dalam menganalisis pengukuran RICM (Roller-Integrated Compaction Monitoring) untuk mengkarakterisasi ketidakseragaman lapisan pondasi perkerasan yang telah dibangun dan potensinya untuk membantu meningkatkan proses QC (Quality Control) selama konstruksi (Kumar, 2008). Model semivariogram pada geostatistik dipengaruhi oleh nilai *range* (jarak pasangan data terjauh yang masih bisa mempengaruhi nilai prediksi spasial) dan *sill* adalah nilai semivariance terbesar pada *range* (Fauzi, dkk. 2018).

### 2.3.1 Variogram

Variogram ini terutama digunakan dalam geostatistik untuk menggambarkan geometri spasial variabel regional. Ini adalah dasar dari berbagai algoritma prediksi dan simulasi, dan juga dapat mengkarakterisasi sifat-sifat variabel regional dengan parameter seperti *range*, konstanta nugget, *sill*, dan variograph (Chen, 2022).

Wuguang dkk. (2011) membahas penerapan variogram dalam evaluasi dan pengembangan reservoir di Ladang Minyak Yangjiaba. Dalam studi Li, rentang variogram dari berbagai lapisan dihitung dengan jenis mikrofases sedimen dan penggunaan data permeabilitas; melalui rentang pengaruh variabel yang direfleksikan oleh rentang, reservoir dijelaskan dengan halus. Metode variogram mengintegrasikan geostatistik ke evaluasi reservoir. Dengan menghitung secara organik skala dan keteraturan reservoir dari sifat yang berbeda, reservoir di zona yang tidak diketahui dapat dievaluasi dan diprediksi dengan menggunakan alat variogram; dengan demikian studi geologi kualitatif dan prediksi organik kuantitatif digabungkan secara organik dalam evaluasi reservoir. Namun, hasil penelitiannya sangat dipengaruhi oleh keterwakilan sampel.

#### a. Variogram Eksperimental

Variogram eksperimental adalah nilai dugaan yang diperoleh dari penarikan sampel di lapangan. Variogram eksperimental dibuat berdasarkan nilai korelasi

spasial antara dua buah variabel yang dipisahkan oleh suatu jarak tertentu sebesar  $h$ . Variogram eksperimental dirumuskan sebagai berikut (Cressie, 1993):

$$2\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (2.7)$$

dimana,

- $s_i$  = lokasi titik sampel
- $Z(s_i)$  = nilai observasi pada lokasi  $s_i$
- $h$  = jarak antara dua titik sampel
- $s_i, s_i + h$  = pasangan titik sampel yang berjarak  $h$
- $N(h)$  = banyak pasangan data yang memiliki jarak  $h$

#### b. Variogram Teoritis

Berikut adalah beberapa model semivariogram teoritis yang digunakan sebagai pembanding (Cressie, 1993):

##### 1. Model *Spherical*

Variogram untuk model *Spherical* dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C \left[ \left( \frac{3h}{2a} \right) - 0,5 \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right] & \text{untuk } h \leq a, \\ C_0 + C & \text{untuk } h > a \end{cases} \quad (2.8)$$

dengan,

- $h$  = jarak lokasi sampel
- $C_0 + C$  = *sill*, yaitu nilai semivariogram untuk jarak pada saat besarnya konstan.
- $a$  = *range*, yaitu jarak pada saat nilai semivariogram mencapai *sill*.

##### 2. Model *Exponential*

Variogram model eksponensial dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[ 1 - \exp - \frac{3h}{a} \right] \quad (2.9)$$

##### 3. Model *Gaussian*

Variogram untuk model gaussian dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[ 1 - \exp \frac{-3h^2}{a^2} \right] \quad (2.10)$$

### 2.3.2 Ordinary Kriging

*Ordinary kriging* merupakan metode yang mengasumsikan rata-rata (*mean*) dari populasi tidak diketahui, dan pada data spasial tersebut tidak mengandung trend serta pencilan. Secara umum, *kriging* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisis data geostatistik, yaitu untuk menginterpolasi suatu nilai kandungan mineral berdasarkan data sampel. Data sampel pada ilmu kebumihan biasanya diambil di lokasi – lokasi atau titik – titik yang tidak beraturan. Dengan kata lain, metode ini digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai karakteristik  $\hat{Z}$  pada titik tersampel berdasarkan informasi dari karakteristik titik – titik tersampel  $Z$  yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut.

Estimator *kriging*  $\hat{Z}(s)$  dari  $Z(s)$  dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{Z}(s) - m(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(s_i) - m(s_i)] \quad (2.11)$$

dengan:

$s, s_i$  : lokasi untuk estimasi dan salah satu lokasi dari data yang berdekatan, dinyatakan dengan  $i$

$m(s)$  : nilai ekspektasi dari  $Z(s)$

$m(s_i)$  : nilai ekspektasi dari  $Z(s_i)$

$\lambda_i$  : factor bobot

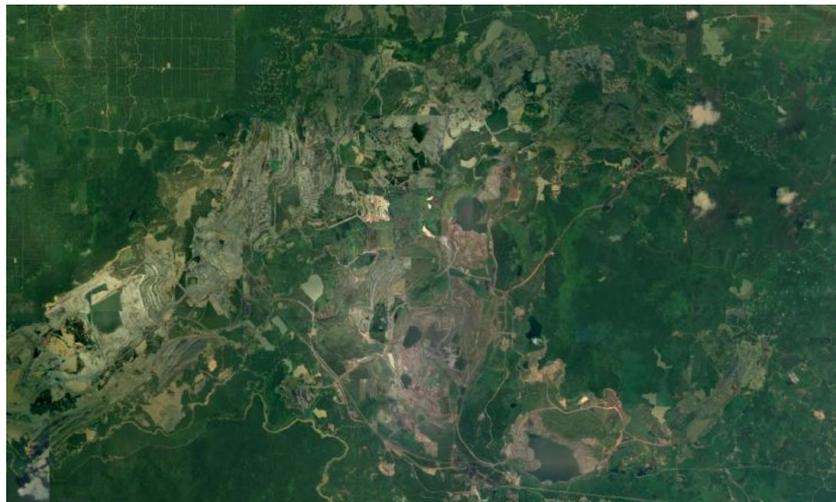
$n$  : banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi (Bohling, 2005:4).

Permasalahan yang sering muncul dan dilupakan oleh peneliti dalam menggunakan metode ordinary kriging adalah karakteristik data seperti distribusi data tidak normal, mengandung trend, dan terdapat pencilan. Jika data berkarakter seperti itu maka data ditransformasi terlebih dahulu sebelum dibawa ke dalam model tertentu. Transformasi diperlukan untuk mendapatkan hasil prediksi yang baik karena membuat data menjadi simetris (Sen, 2009).

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi dan Wilayah Penelitian**

Kabupaten Kutai Timur memiliki luas wilayah 35.747,50 Km<sup>2</sup>. Luas wilayah ini terbagi menjadi 18 wilayah administrasi kecamatan. Secara umum ada tiga Kecamatan yang mempunyai administrasi pemerintahan di atas 10 desa. Provinsi Kalimantan terkenal dengan kontur permukaan tanah yang variatif. Kondisi inipun terjadi di Kabupaten Kutai Timur. Topografi daerah Kutai Timur bervariasi dalam wilayah: dataran, berbukit, pegunungan, dan wilayah pantai. Kawasan yang relatif datar dan landai hanya terdapat di Kecamatan Sangatta Utara, Muara Bengkal, Muara Ancalong serta sebagian dari Muara Wahau dan Sangkulirang.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Kabupaten Kutai Timur.

### **3.2 Stratigrafi regional**

Berdasarkan Peta Geologi membagi satuan lithostratigrafi daerah Kutai Timur menjadi 6 (enam) formasi dengan urutan dari tua ke yang muda adalah sebagai berikut:

- Formasi Pamaluan (Tmp) : Batu lempung dengan sisipan tipis napal, batupasir dan batubara. Bagian atas terdiri dari batulempung pasiran yang mengandung sisa tumbuhan dan beberapa lapisan tipis batubara.

- Formasi Bebuluh (Tmbe) : Batugamping dengan sisipan batulempung, batulanau, batupasir dan sedikit napal. Batugamping mengandung koral dan foraminifera besar.
- Formasi Pulau Balang (Tmpb) : Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, setempat bersisipan tipis lignit, batugamping atau batupasir gampingan. Berumur Miosen Awal – Miosen Tengah. Sedimentasinya diperkirakan terjadi di daerah pro-delta, dengan tebaran terumbu di beberapa tempat.
- Formasi Balikpapan (Tmbp) : Batupasir, batulempung, lanau, tuf dan batubara. Pada perselingan batupasir kuarsa, batulempung dan batulanau memperlihatkan struktur silang siur.
- Formasi Kampungbaru (TmPk) : Batulempung pasiran, batupasir dengan sisipan batubara dan tuf, setempat mengandung lapisan tipis oksida besi dan bintal limonit Berumur Miosen Akhir hingga Plio-Plistosen
- Endapan Aluvial (Qal) : Material lepas berupa lempung dan lanau, pasir, lumpur, dan kerikil, merupakan endapan pantai, rawa, dan sungai.

### 3.3 Data

Data – Data yang di perlukan untuk Tahanan Pengolahan Data menggunakan Metode Ordinary Kriging menggunakan Software SGEMS.

- Nilai Ketebalan = merupakan ketebalan Batubara yang terdapat di lubang bor
- Nilai Kadar Abu / Ash = merupakan persentase kadar abu yang terdapat
- Nilai Kadar Sulfur = merupakan persentase total kadar sulfur
- Nilai Caloric Value (CV) = merupakan persentase jumlah kalori pada lubang bor
- Nilai Total Moist = merupakan persentase dari *total moisture*

### 3.4 Langkah – Langkah penelitian

Langkah – Langkah yang digunakan dalam penelitian klasifikasi dan identifikasi lubang bor cadangan batubara menggunakan Pendekatan Geostatistik Metode Ordinary Kriging, yaitu sebagai berikut:

- a. Studi Literatur

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Studi Literatur yaitu dengan mengumpulkan informasi dari buku, jurnal, karya atau penelitian terdahulu mengenai Klasifikasi Sumberdaya Batubara, Analisis Estimasi Sumberdaya Batubara, Metode Ordinary Kriging.

b. Perumusan masalah

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merumuskan masalah yang akan diolah selanjutnya di dalam Penelitian ini, perumusan masalah juga sebagai tujuan dari dilakukannya Penelitian ini.

c. Pengumpulan data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengorganisir data-data yang selanjutnya akan diolah dalam penelitian ini. Data yang didapatkan antara lain nilai statistik deskriptif, nilai *sill*, *nugget effect*, *range*, statistik deskriptif hasil estimasi.

d. Pengolahan data

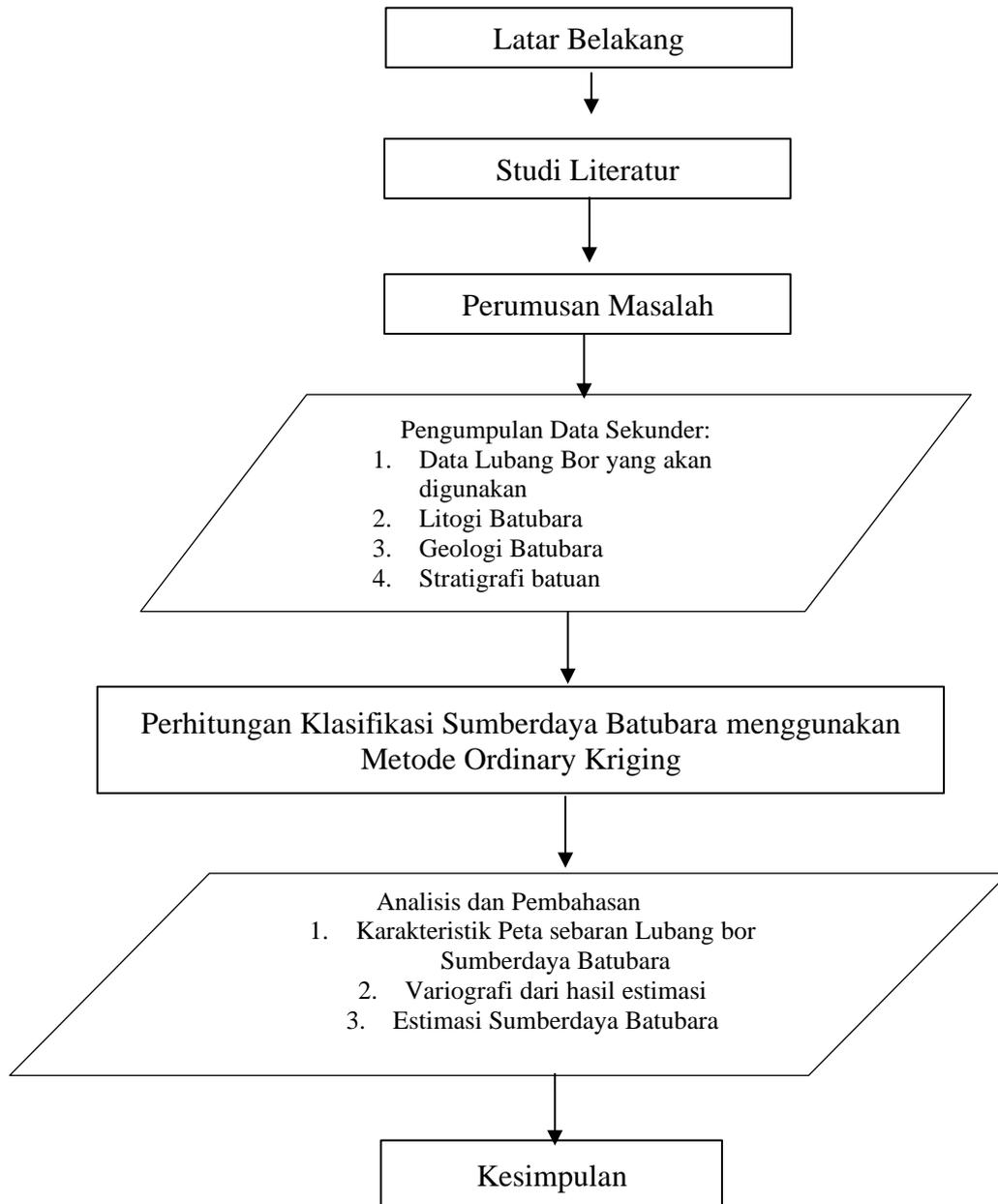
Pengolahan data ditujukan untuk menghasilkan data hasil estimasi pada penelitian ini, yang selanjutnya akan di jabarkan melalui pembahasan. Proses pengolahan data antara lain penentuan nilai statistik deskriptif, *fitting* variogram, perhitungan estimasi sumberdaya.

e. Analisa dan pembahasan

Hasil dari estimasi penelitian ini selanjutnya akan di analisa terlebih dahulu dan setelahnya akan dijelaskan di pembahasan.

f. Kesimpulan dan saran

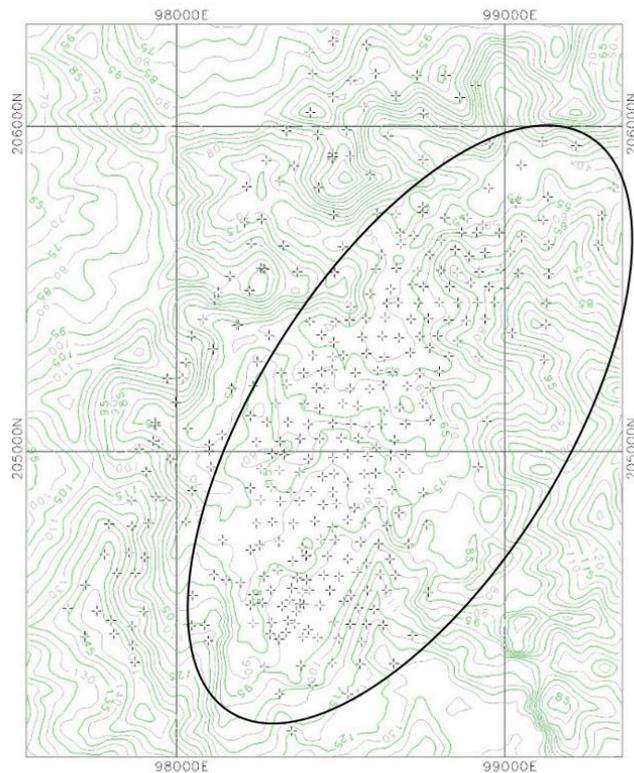
Kesimpulan meliputi hasil dari seluruh penelitian yang telah dilaksanakan dan saran meliputi masukan dari peneliti untuk penelitian yang akan datang.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Peta sebaran lubang bor Sumberdaya Batubara

Peta sebaran titik bor dimaksudkan untuk menggambarkan pola sebaran titik bor dari data kualitas dan geometri batubara yang ada pada daerah penelitian. Selain itu, sebaran titik bor digunakan untuk mengetahui apakah sebaran titik bor tersebut memiliki keteraturan atau tidak. Peta ini selanjutnya dapat berguna pada saat membandingkan hasil estimasi variografi dengan keteraturan data yang ada. Pembuatan peta ini dilakukan dengan memasukkan nilai koordinat *drillhole* dari data kualitas dan geometri batubara. Hasil dari Peta sebaran titik bor ini berupa litologi yang terdiri dari susunan batubara dan elevasi kedalamannya. Selain itu, peta sebaran titik bor tersebut dapat menunjukkan batubara.



SKALA = 1 : 11000

Gambar 2. Peta sebaran lubang bor (didalam lingkaran)

Peta ini dapat digunakan untuk mengetahui lubang bor tersebut terdapat pada elevasi keberapa dan daerah yang di ambil datanya untuk estimasi ditandai di dalam lingkaran berwarna biru. Parameter utama dapat dilihat dari variabel *thickness* dan parameter lainnya antara lain kadar abu, kalori, kadar sulfur dan *total moisture*. Dimana didapatkan tebal batubara berkisar antara 0.22 m – 2.38 m, yang terdapat pada elevasi kedalaman rata-rata antara 0 m – 80 m. Selain batubara, juga terdapat batuan lain yaitu *mudstone* dan *siltstone* yang berada di elevasi 0 m – 160 m, lalu *sandstone* yang berada di elevasi 130 m – 140 m. Selanjutnya untuk tampilan Peta sebarannya dan *lithologi* batuan masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2 dan Lampiran 1.

#### **4.2 Analisis Statistik**

Analisis statistik yang dilakukan adalah analisis univarian yaitu variabel yang di dapatkan tidak mengaitkan dengan variabel yang lainnya. Analisis ini dilakukan pada peta sebaran lubang bor dan berdasarkan data komposit kualitas batubara antara lain nilai kandungan sulfur, kandungan abu, nilai kalori, dan *total moisture* batubara serta data geometri batubara yaitu ketebalan. Jumlah data yang digunakan untuk analisis statistik adalah 210 yang di peroleh dari data lubang bor. Analisis statistic univarian ini dimaksudkan untuk menganalisis hubungan antar data tanpa memperhatikan lokasi titik bor. Hasil analisis statistik deskriptif untuk data kualitas dan geometri untuk nilai masing-masing parameter antara lain Jumlah, Rata-rata, Median, Minimum, Maksimum, Standar Deviasi, Varians, Standar Error dan Koefisien Varians, dapat dilihat pada Tabel 1 Sedangkan histogram untuk masing-masing data kualitas dan geometri dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 1 Statistik deskriptif data kualitas dan geometri Batubara didapatkan dari data awal hasil plotting daerah yang dipilih untuk dilakukan estimasi yang menjabarkan tentang jumlah, rata-rata, median, maksimum, minimum, standar deviasi, varians, standar error dan juga koefisien varian data dari setiap kualitas batubara. Parameter varian didiapatkan untuk proses dalam *fitting* variogram dikarenakan jumlah dari varians yaitu *sill* dan *nugget effect*, standart deviasi didapatkan untuk mengetahui jumlah yang digunakan saat perhitungan standart

error dan juga koefisien varians. Nilai parameter varians beragam seperti ketebalan memiliki nilai varian sebesar 0.27 yang menunjukkan bahwa nilai varians harus sama dengan nilai *sill* di tambahkan dengan nilai *nugget effect* pada saat *fitting* variogram. Apabila nilai nya tidak sama dengan *sill* dan *nugget effect* nya, tidak dapat mencakup data sebanyak data jika nilai varians nya disamakan.

Tabel 1 Statistik deskriptif data kualitas dan geometri batubara

No	Parameter	Ketebalan (m)	Total Moisture	Kadar abu (%adb)	Kadar sulfur (%adb)	Kalori (kkal/kg)
1	Jumlah	210	210	210	210	210
2	Rata-Rata	1.08	17.57	5.27	0.43	6101.6
3	Median	0.97	17.5	4.2	0.28	6156
4	Minimum	0.22	10.2	0.7	0.13	3870
5	Maksimum	2.38	24.5	28.4	2.52	6897
6	Standar Deviasi	0.3	0.3	10.3	0.03	308
7	Varians	0.27	7.57	17.84	0.22	179961
8	Standar Error	21.26	0.002	0.71	0.021	0.021
9	Koefisien Varians (%)	15.79	1.59	190.74	12	5.34

#### 4.3 Import Data dan Pemodelan Variogram

Import data dilakukan dengan memasukkan basis data (drillhole, koordinat drillhole, serta data kualitas dan geometri batubara) ke dalam software SGeMS. Selanjutnya dilakukan *fitting* model variogram pada seluruh data kualitas (kandungan abu, sulfur, *total moisture*, dan *Caloric Value*) dan geometri (ketebalan) secara manual (visual). Proses *fitting* dilakukan dengan jarak lag 200 (berdasarkan sebaran data dan jarak rata-rata lubang bor), juga asumsi bahwa variogram bersifat isotropi karena data dianggap mempunyai kontinuitas tinggi, sehingga pada akhirnya didapatkan nilai *range*, *sill*, dan *nugget effect* yang akan diperlukan pada proses selanjutnya.

Dari proses *fitting* didapatkan nilai *range* dan *sill* untuk masing-masing parameter. *Range* yang di dapat untuk kelima parameter bernilai 410-1680 m yang masih dapat digolongkan cukup tinggi. *Range* mencerminkan jarak pengaruh antar data, sejauh mana nilai suatu data dapat mempengaruhi nilai data lainnya. Oleh karena itu, endapan batubara pada daerah penelitian dinilai cenderung memiliki kontinuitas yang cukup tinggi jika dilihat dari nilai *range* yang didapat. Sedangkan jika kita membandingkan nilai *range* dari masing-masing parameter akan didapati bahwa *range* parameter kadar sulfurlah yang bernilai paling besar jika dibandingkan dengan parameter lainnya.

*Nugget effect* dapat menunjukkan variabilitas data pada jarak dekat (struktur mikro). Semakin besar nilai *nugget effect* maka variasi antar data yang dekat akan semakin besar. Pada penelitian ini didapati nilai *nugget effect* parameter *Caloric Value* memiliki nilai yang tinggi. Kenyataan ini, selain menunjukkan variasi antar data dalam jarak dekat untuk parameter *Caloric Value* tinggi, juga mengindikasikan bahwa parameter *Caloric Value* mempunyai titik data yang tersebar kurang teratur. Hal ini dikarenakan nilai *nugget effect* bersifat sensitif terhadap spasi data. Data yang tersebar teratur akan mempunyai nilai *nugget effect* yang mendekati nol. Demikian pula sebaliknya, data yang tersebar tidak teratur akan mempunyai nilai *nugget effect* yang besar.

Parameter geostatistik yang didapatkan dari hasil *fitting* model variogram ditunjukkan oleh Tabel 2 Sedangkan model variogram dari tiap data kualitas dan geometri dapat dilihat pada Gambar 4. Tabel 2 parameter geostatistik dari *fitting* model variogram yang menjabarkan *sill* adalah titik jenuh dimana data/sampel yang didapatkan tidak mempunyai korelasi, *Nugget* secara teori nilai awal semivariogram adalah nol. ketika lag mendekati nol nilai semivariogram disebut sebagai *nugget*. *Nugget* mewakili variasi pada jarak (*lag*) yang sangat kecil, termasuk erordalam pengukuran, *Range* adalah titik jarak dimana variogram memiliki korelasi yang sama. Semakin kecil *range* yang dibuat maka semakin bagus/ akurat data yang didapatkan dan untuk nilai *range* setiap parameter berbeda-beda dari ketebalan 410, kalori 896, *total moisture* dan kadar abu 1008, hingga kadar sulfur 1680. Dimana nilai *sill* dan *nugget effect* jika di jumlah harus dengan total nilai dari varians.

Tabel 2 Parameter geostatistik dari *fitting* model variogram

No	Parameter Geostatistik	Ketebalan (m)	Total Moisture (%adb)	Kadar abu (%adb)	Kadar sulfur (%adb)	Kalori (kkal/kg)
1	<i>Sill (C)</i>	0.071	7	7	0.2	69961
2	<i>Nugget effect (C<sub>0</sub>)</i>	0.2	0.57	11	0.015	110000
3	<i>Range (a)</i>	410	1008	1008	1680	896

#### 4.4 Analisis Estimasi Sumberdaya

Estimasi atau penaksiran nilai kualitas dan geometri pada unit-unit blok model yang lebih kecil (*grid*) untuk analisis geostatistik dilakukan dengan metode kriging. Dimana kriging akan mengestimasi setiap nilai kualitas dan geometri batubara pada masing-masing unit model blok (*grid*) berdasarkan data-data yang ada yaitu data-data lubang bor yang dilingkupi oleh sistem model blok secara keseluruhan, sehingga setiap unit blok akan memiliki satu nilai estimasi (estimasi kriging variabel tunggal). Selain nilai estimasi, dari proses kriging akan didapatkan pula nilai standar deviasi. Penaksiran dilakukan dengan parameter sebagai berikut:

1. Definisi *grid* yaitu sebesar 50 x 50 x 10
2. Maksimum pencarian data estimasi bergantung dari jumlah data yang ada pada setiap blok pencarian dan minimum pencarian data
3. Radius pencarian data untuk setiap parameter adalah 410 m, yang disesuaikan dengan nilai *range* dan analisis variogram untuk parameter ketebalan (*thickness*)

Plotting estimasi sumberdaya batubara menggunakan metode *ordinary kriging* dengan bantuan software SGeMS dan juga data parameter yang telah didapatkan melalui ekspor peta sebaran titik lubang bor yang terdiri dari ketebalan, kadar abu, kalori, kadar sulfur, *total moisture*. Saat plotting estimasi dengan metode *ordinary kriging* dibutuhkan beberapa tahapan.

Tahapan awal Ketika plotting estimasi dengan metode *ordinary kriging*, pencarian histogram setiap parameter, pencarian variogram dengan nilai *nugget effect* ditambahkan nilai *sill* adalah total dari nilai *variance* setiap parameter hasil dari histogram sebelumnya, pembuatan grid dengan *size* yang telah ditentukan agar

tidak kurang ataupun lebih saat di plotting, dan pencarian estimasi berdasarkan nilai *ranges, size* yang sudah didapatkan sebelumnya untuk masing-masing parameternya.

Hasil dari plotting estimasi sumberdaya menggunakan metode ordinary kriging terdapat 2 bagian di setiap parameternya dan yaitu untuk hasil estimasi nya dan untuk hasil estimasi *kriging varian* nya, dan untuk nilai statistik deskriptif hasil estimasi batubara akan ditampilkan di tabel 3 dengan nilai-nilai antara lain Jumlah, Rata-rata, median minimum, maksimum, Varians, dan histogramnya dapat dilihat di Lampiran 4.

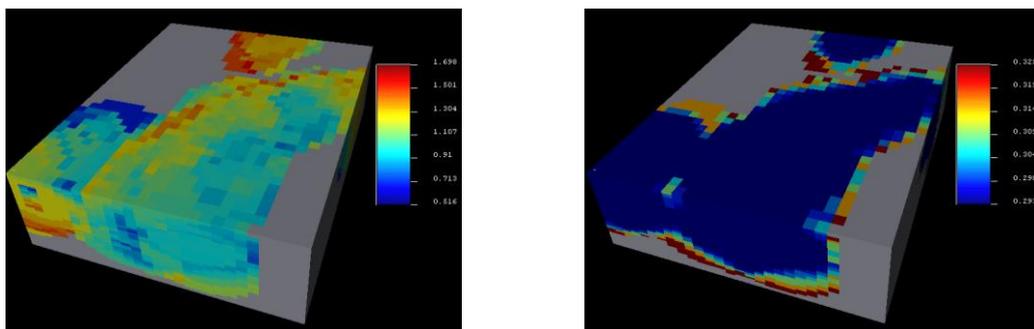
Statistik deskriptif hasil estimasi Batubara yang menjabarkan tentang jumlah, rata-rata, median, minimum, maksimum, varians hasil estimasi (Tabel 3). Hal tersebut didapatkan dengan plotting estimasi setiap parameternya dengan nilai *range*, ukuran grid (*size*), *conditioning data* yang digunakan minimal 5 dan maksimal 12 dan sehingga menghasilkan statistik deskriptif dari hasil estimasi Batubara setiap parameternya. Nilai statistic deskriptif hasil estimasi Batubara tersebut digunakan untuk perhitungan volume dan juga tonase Batubara. Pengertian varians adalah ukuran statistik jauh dekatnya penyebaran data, nilai varians ketebalan 0.04 menunjukkan bahwa jarak antar data yang di hasilkan tidak terlalu jauh tidak seperti kalori yang memiliki nilai varians sebesar 44401.4 yang menandakan bahwa jarak antar data jauh.

Tabel 3. Statistik deskriptif hasil estimasi batubara

No	Parameter	Ketebalan (m)	Total Moisture	Kadar abu (%adb)	Kadar sulfur (%adb)	Kalori (kkal/kg)
1	Jumlah	27813	41957	41957	45747	41375
2	Rata-Rata	1.06	16.24	5.58	0.35	6188.69
3	Median	1.04	16.01	5.63	0.32	6215.25
4	Minimum	0.52	11.94	2.07	0.21	5158
5	Maksimum	1.7	22.07	11.54	1.01	6688.8
6	Varians	0.04	3.54	1.27	0.01	44401.4

#### 4.4.1 Ketebalan (*Thickness*)

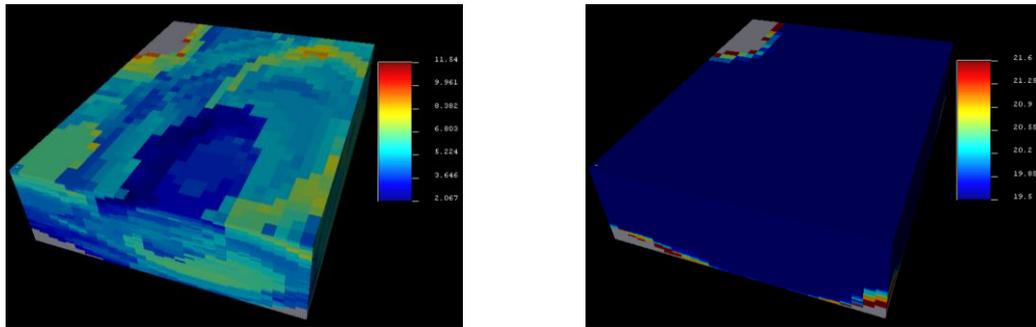
Parameter Ketebalan yang didapatkan dalam hasil estimasi sumberdaya Batubara ini antara lain nilai maksimum dari hasil estimasi maupun hasil *kriging varians* nya dengan nilai masing-masing 0.516 m hingga 1.698 m dan 0.2934 m hingga 0.3252 m. Lalu dengan hasil volume dan tonase Batubara berdasarkan nilai estimasi nya masing-masing 43.1 juta m<sup>3</sup> dan 56.1 juta ton Batubara. Dalam warna legenda dari setiap parameter Batubara menunjukkan bahwa warna biru tua yaitu nilai hasil estimasi dan *kriging varians* yang lebih rendah dan warna merah tua yaitu nilai yang lebih rendah. Melihat dari legenda yang ada hasil estimasi ketebalan sumberdaya batubara berada di utara sedangkan untuk *kriging varians* berada di pinggir daerah pilihan sebelah utara, tenggara, selatan, dan barat daya.



Gambar 3. Hasil estimasi ketebalan dan *kriging varians*.

#### 4.4.2 Kadar Abu (*Ash*)

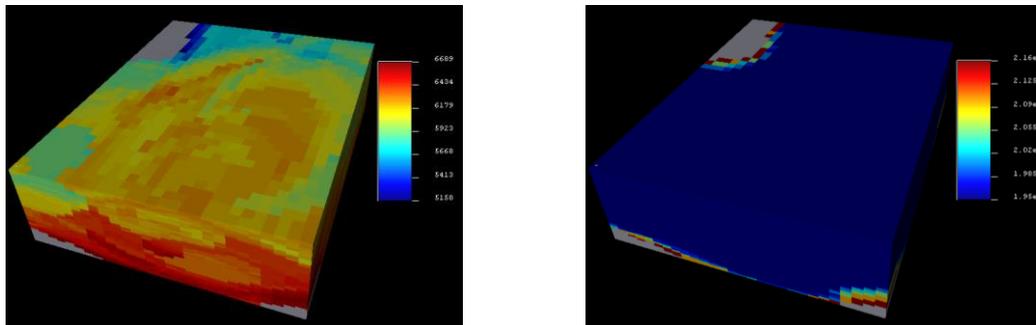
Parameter kadar abu yang diperoleh pada hasil estimasi sumberdaya batubara meliputi nilai maksimum hasil estimasi dan hasil *kriging varians* dengan nilai 2,067% - 11,54% dan 19,5% - 21,6% Berdasarkan legenda yang ada, kadar abu tertinggi diperkirakan berada di ujung barat laut dan terendah di bagian tengah, sedangkan nilai varian kriging terendah terdapat hampir di seluruh wilayah.



Gambar 4. Hasil estimasi kadar abu dan *kriging varians*.

#### 4.4.3 Kalori (*Caloric Value*)

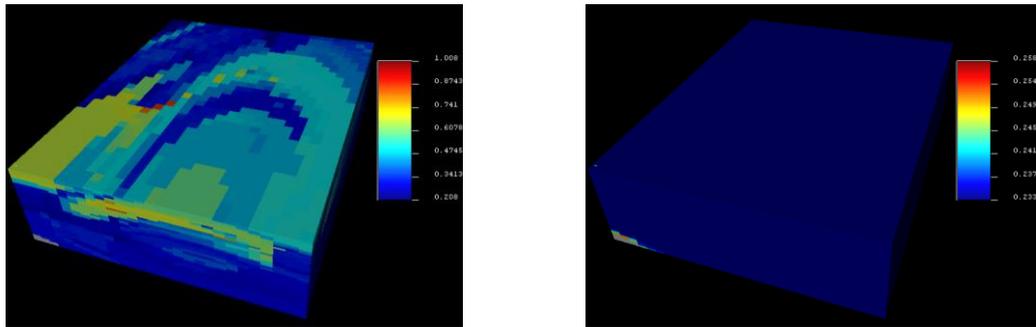
Parameter kalori yang diperoleh pada hasil estimasi sumberdaya batubara meliputi nilai maksimum hasil estimasi dan hasil *kriging varian* dengan nilai 5159% hingga 6689% dan 1,95% hingga 2,16%. Menurut legenda, nilai maksimum hasil nilai kalori berada di bawah lapisan nilai yang lebih rendah di bagian selatan, sedangkan nilai maksimum varian kriging sama dengan kadar abu, dan hampir semuanya mempunyai nilai terkecil.



Gambar 5. Hasil estimasi Kalori dan *kriging varians*.

#### 4.4.4 Kadar Sulfur (*Total Sulphur*)

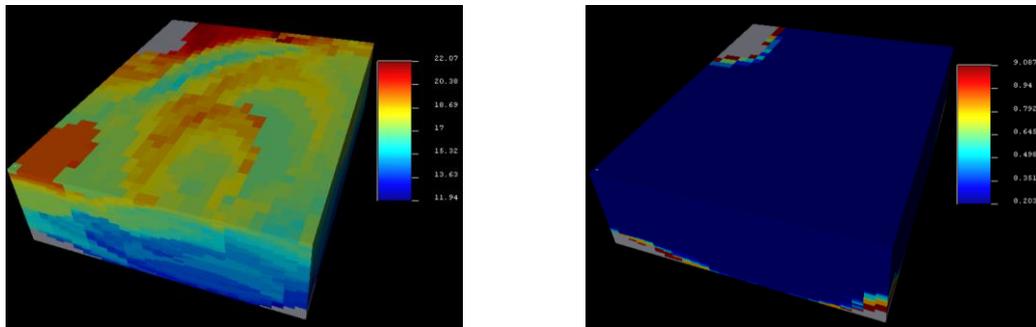
Parameter kandungan sulfur yang diperoleh pada hasil estimasi sumberdaya batubara meliputi nilai maksimum hasil estimasi dan hasil *kriging varian* dengan nilai 0,208% - 1,008% dan 0,233% - 0,258%. Penjelasan perkiraan kandungan sulfur berada pada kategori terendah, karena hampir seluruh wilayah berada pada kisaran warna yang terendah, sedangkan nilai varian kriging semuanya berada pada terendah.



Gambar 6. Hasil estimasi Kadar sulfur dan *kriging varians*.

#### 4.4.5 *Total Moisture*

Parameter *total moisture* yang diperoleh pada hasil evaluasi sumberdaya batubara meliputi nilai maksimum hasil estimasi dan hasil *kriging varian* dengan nilai 11,94% hingga 22,07% dan 8,203% hingga 9,087%. Berdasarkan penjelasan hasil estimasi tital moisture, nilai terbesar terdapat pada arah utara dan nilai terkecil terdapat pada lapisan yang bernilai lebih tinggi pada arah selatan, sedangkan nilai *kriging varian* paling kecil pada hampir semua daerah.



Gambar 7. Hasil estimasi *Total moisture* dan *kriging varians*.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Karakteristik Peta sebaran lubang bor Sumberdaya batubara di Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur menghasilkan nilai parameter utama yaitu tebal (*Thickness*) batubara berkisar antara 0.22 m – 2.38 m dan rata-rata kedalaman elevasi keterdapatannya batubara antara 20 m – 160 m dari berbagai macam lubang bor Sumberdaya batubara.
2. Permodelan Variogram yang digunakan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan gambar dengan simetris ialah berdasarkan nilai *sill*, *nugget effect*, dan *range* yang disesuaikan sehingga didapatkan variogram yang dapat melewati semua titik pada variogram setiap parameter (ketebalan, kalori, kadar abu, kadar sulfur, *total moisture*) lubang bor tersebut. Untuk variogram dari parameter ketebalan menggunakan *sill* 0.071, *nugget effect* 0.2, dan *range* 410.
3. Perhitungan sumber daya batubara pada lubang bor di Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur menggunakan metode *ordinary kriging* dengan menggunakan blok atau *grid* sebesar 50 x 50 x 10, radius pencarian sebesar 410, dan nilai *conditioning data* minimal 5 dan maksimal 12, menghasilkan volume 43.1 juta m<sup>3</sup> dan jumlah tonase pada parameter ketebalan yaitu sebesar 56 juta ton. Parameter lain nya seperti kalori, kadar abu, kadar sulfur, *total moisture* hanya menghasilkan persentase hasil estimasi dan juga hasil *kriging varians* di setiap parameternya.

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemboran tambahan (*infill bor*) pada lokasi-lokasi yang mempunyai nilai estimasi kalori (*caloric value*) diatas 3% yang bertujuan memperkecil tingkat kesalahan (*error*) hasil estimasi.
2. Perlu dilakukan validasi data hasil penelitian dengan metode selain *Ordinary Kriging* terhadap data sumberdaya batubara aktual (data produksi), sehingga dapat diketahui metode yang dapat menghasilkan jumlah sumberdaya yang paling mendekati jumlah sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

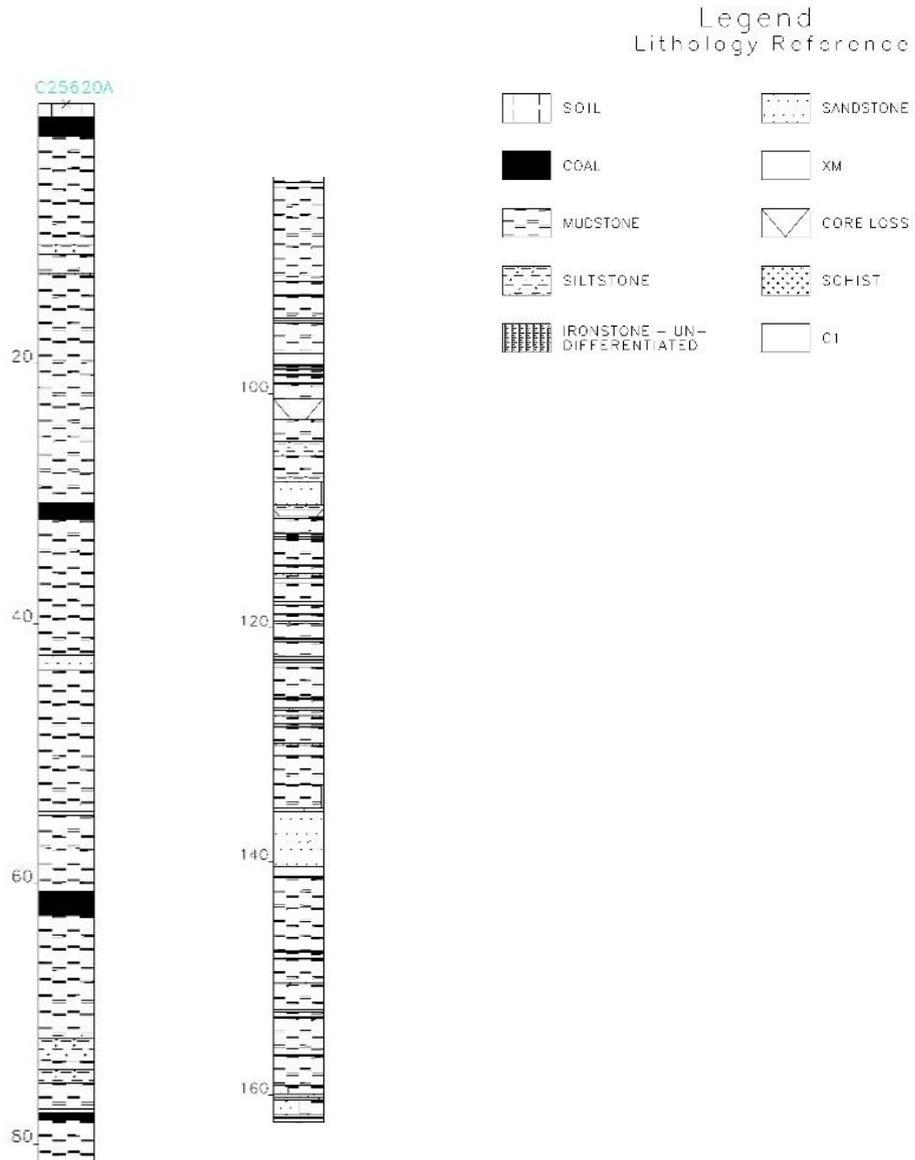
- Aditama, G., Pudjihardjo, H., & Hidayatillah, A. S. (2018). Relasi Kualitas Batubara dengan Lingkungan Pengendapan Pit South Pinang dan Sekitarnya, PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta Utara, Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(1), 34-40.
- Aryadhi & Dede, Muhammad. (2011). *Analisis Lingkungan Pengendapan dan Kualitas Batubara di Pit J, Daerah Pinang, Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Povinsi Kalimantan Timur*. Bandung: Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat.
- Aulia, A., Farid, F., & Zahar, W. (2021). Korelasi Parameter Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat terhadap Nilai Kalori Batubara. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan* ISSN, 2775, 1384.
- Buana, S., Nurhakim, N., & Hakim, R. N. (2020). Perhitungan Sumberdaya Batubara menggunakan metode Polygon dan metode Isoline pada wilayah IUP PT. Usaha Baratama Jesindo . *Jurnal Himasapta*, 5(1).
- Badan Standar Nasional. (1999). *Standar Nasional 13-6011-1999 Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara*. Jakarta: Badan Standar Nasional (BSN).
- Chen, H. (2019). Fine reservoir description.
- Fauzi, I., & Hariyadi, E. S. (2018). Analisis Geostatistik dalam Menentukan Keseragaman Nilai Kepadatan Tanah Dasar. *J. Tek. Sipil*.
- Habibie, M. D., & Prabowo, H. (2020). Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Perbandingan Metode Polygon Dan Cross Section Di Pit I Pt. Atoz Nusantara Mining, Pesisir Selatan, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(2), 125-135.
- Hidayat, M. (2016). *Pengukuran Dan Penggambaran Profil Memanjang Melintang Dengan Autodesk Land Dekstop 2004 Untuk Perencanaan Jalan Sadapan Getah Di Daerah Lengkong Kabupaten Sukabumi* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Hu, W., Shu, X., Jia, X., & Huang, B. (2018). Geostatistical analysis of intelligent compaction measurements for asphalt pavement compaction. *Automation in Construction*, 89, 162-169.
- Kominforperstik. (20 23). *Peta Wilayah Kabupaten Kutai Timur*. Dinas Komunikasi Informatika Persandian dan Statistik Kabupaten Kutai Timur. [Portal Data Terbuka Kutai Timur \(kutaitimurkab.go.id\)](http://PortalDataTerbukaKutaiTimur.kutaitimurkab.go.id)
- Lestari, E. S., Sabri, L. M., & Yuwono, B. D. (2014). Pembuatan program perataan parameter jaring poligon dengan menggunakan Visual Basic For Application (VBA) Microsoft Excel. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(1).
- Nasional, B. S. (1998). SNI Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia. *Badan Standardisasi Nasional, Indonesia*.
- Ningsih, D. H. U. (2012). Metode thiessen polygon untuk ramalan sebaran curah hujan periode tertentu pada wilayah yang tidak memiliki data curah hujan. *Dinamik*, 17(2).

- Panitia Teknik 07-02 Potensi Kebumian. (2011). *Pedoman pelaporan, sumberdaya, dan cadangan baturaba, Standar Nasional Indonesia (SNI) 5015:2011*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional (BSN). <https://www.bsn.go.id>
- Pasymi, D. Batubara.
- Perdana, H., & Rosadi, D. Statistika Inferensi menggunakan RPLUGIN. SPSS. *SEMIRATA 2015*, 1(1).
- PERMANA, A. P. (2016). Kajian coal rank berdasarkan analisa proximate (studi kasus batubara di kabupaten sorong). *Jurnal Teknik Volume*, 14(2).
- Puspita, W. (2013). *Analisis Data Geostatistik Menggunakan Metode Ordinary Kriging* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Rahmayanti, N., Supriyanto, S., & Natalisanto, A. I. (2019). Interpretasi persebaran lapisan Batubara menggunakan Geophysical logging pendekatan kriging di PT. X, Daerah Provinsi Kalimantan Timur. *GEOSAINS KUTAI BASIN*, 2(2).
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach*. John Wiley & sons.
- Sen, Z. (2016). *Spatial modeling principles in earth sciences* (Vol. 10, pp. 978-3). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer International Publishing.
- Simorangkir, T. A. (2014). Analisis Proximate, Analisis ultimate dan Analisis Miscellaneous Pada Batubara. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Pertambangan, ITM, Medan*.
- Speight, J. G. (2015). *Handbook of coal analysis*. John Wiley & Sons.
- Sukardi, N., Sikumbang, I., & Umar, R. S. (1995). Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan Timur skala 1: 250.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung*.
- Sulisetijono. (2016). *BAB 1 Pengantar Statistika*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Taufiqurrahman, R., Yulhendra, D., & Octova, A. (2015). Perbandingan Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Ordinary Kriging dan Metode Cross Section di PT. Nan Riang Jambi. *Bina Tambang*, 2(1), 311-325.
- Tirtadiwangsa, F., & Widagdo, A. (2022). Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Poligon Pada Seam D Daerah Lahat, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral (JENERAL)*, 3(1), 11-17.
- Vennapusa, P. K. R. (2008). *Investigation of roller-integrated compaction monitoring and in-situ testing technologies for characterization of pavement foundation layers*. Iowa State University.
- Ver Hoef, J. M., & Cressie, N. (1993). *Multivariable spatial prediction*. *Mathematical Geology*, 25, 219-240.
- Yulhendra, D., & Anaperta, Y. M. (2013). Estimasi Sumberdaya Batubara dengan Menggunakan Geostatistik (Kriging). *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 6.
- Wibowo, Arif. *File Bidang Pendidikan Statistika UNY*. Yogyakarta: Bisnis dan Keuangan, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Yogyakarta.
- World Coal Institute., (2005). *Sumber Daya Batubara: Tinjauan Lengkap Mengenai Batubara*. London: World Coal Institute [https://www.worldcoal.org/file\\_validate.php?file=coal\\_resource\\_indonesian.pdf](https://www.worldcoal.org/file_validate.php?file=coal_resource_indonesian.pdf)

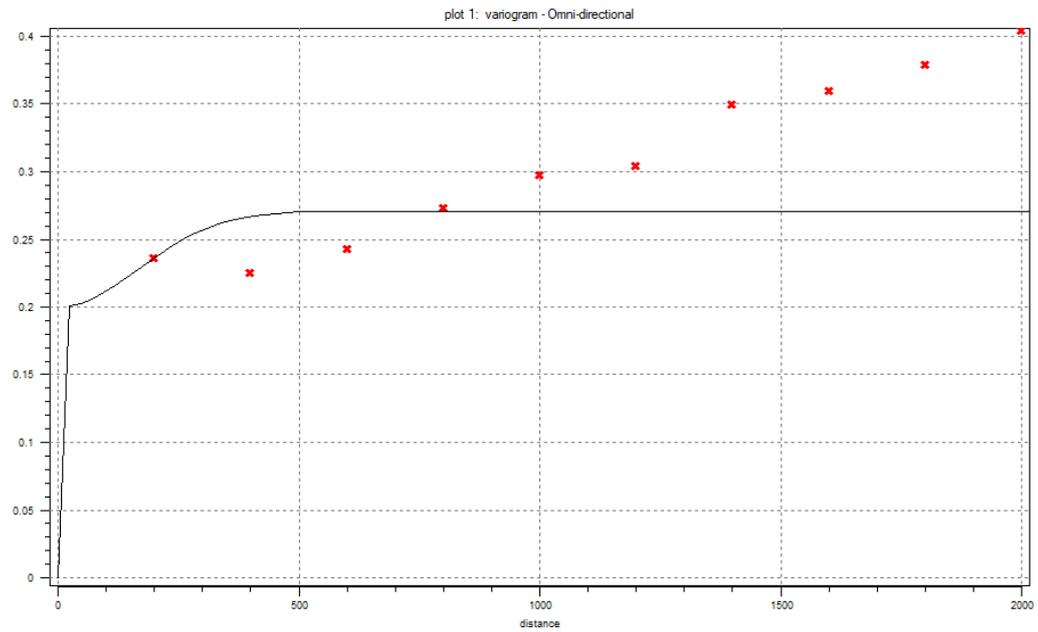


# LAMPIRAN

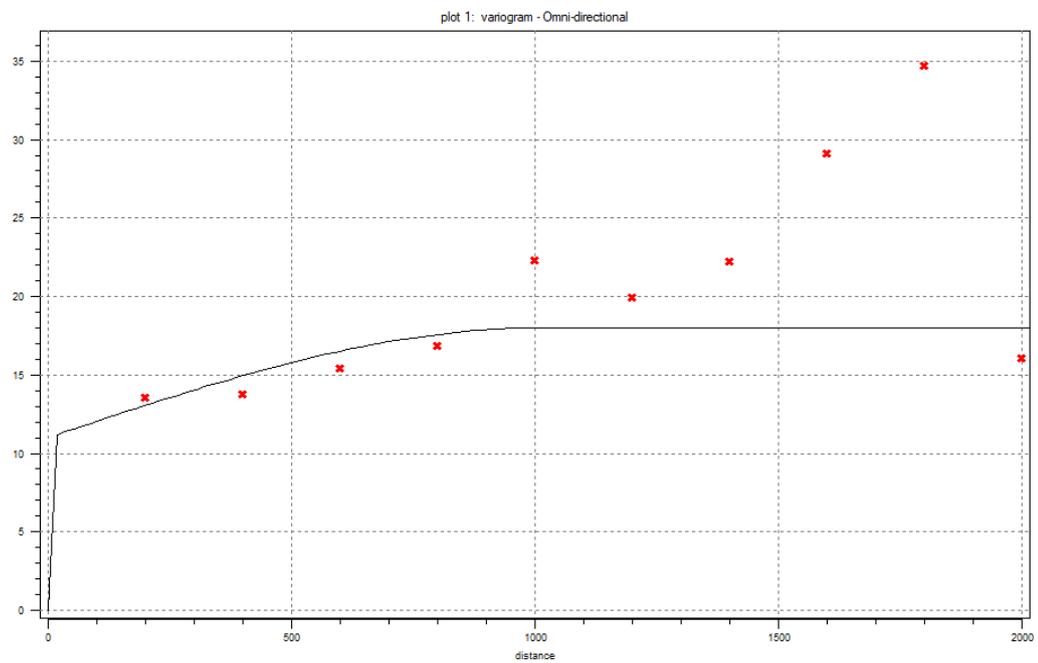
## Lampiran 1. Litologi dalam Klasifikasi 1 Lubang bor sumberdaya Batubara



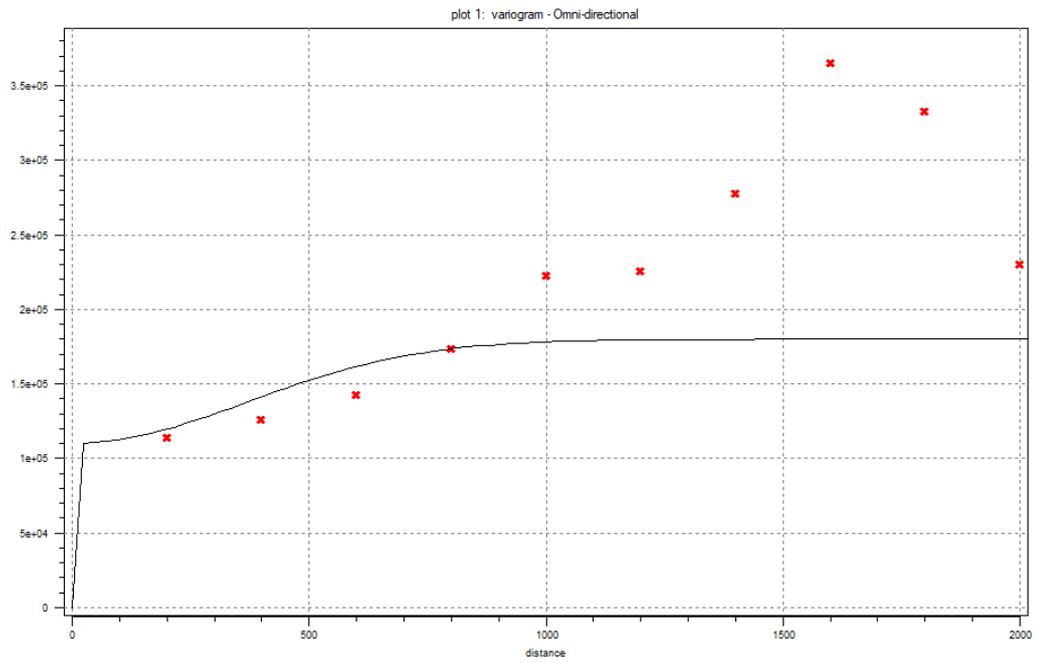
**Lampiran 2. Hasil fitting Variogram dengan parameter berturut turut Ketebalan, Kadar Abu, Kalori, *Total Moisture*, Kadar Sulfur**



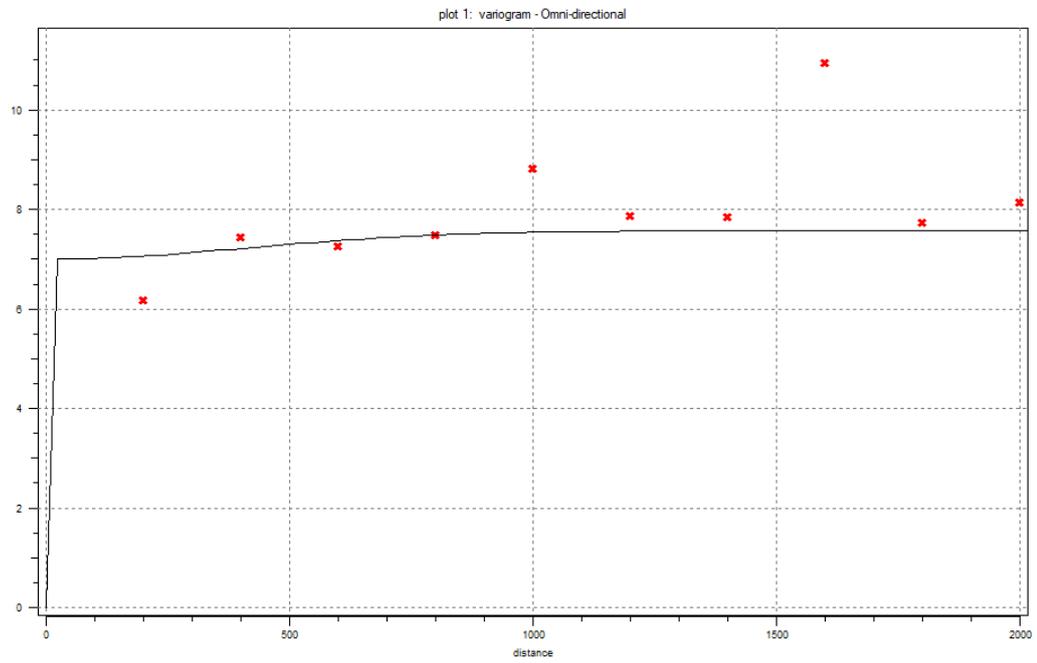
Ketebalan



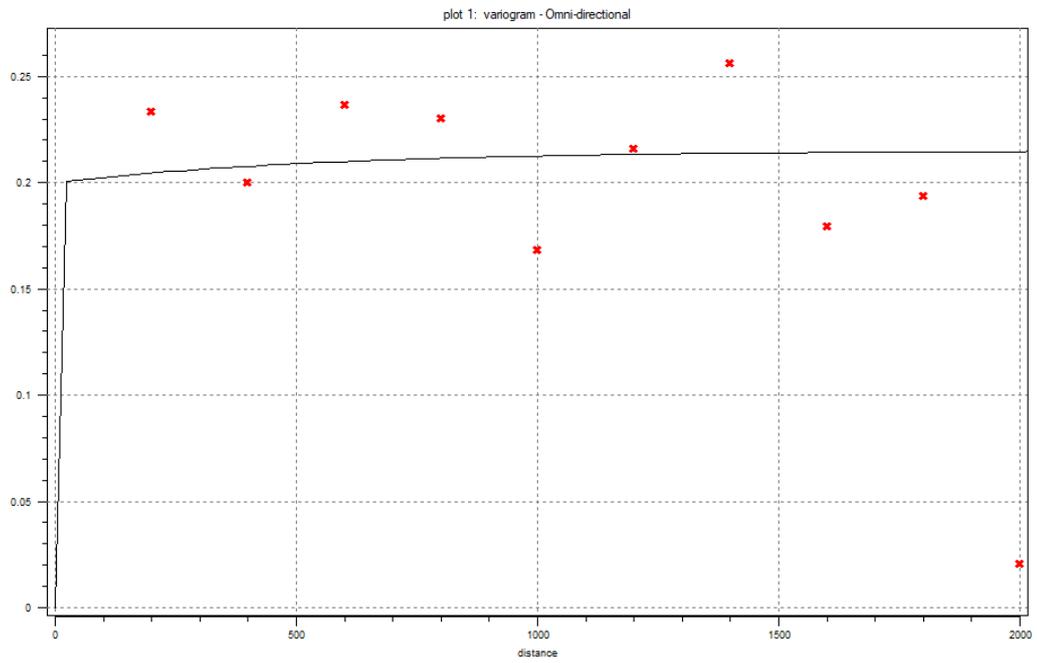
Kadar Abu



Kalori

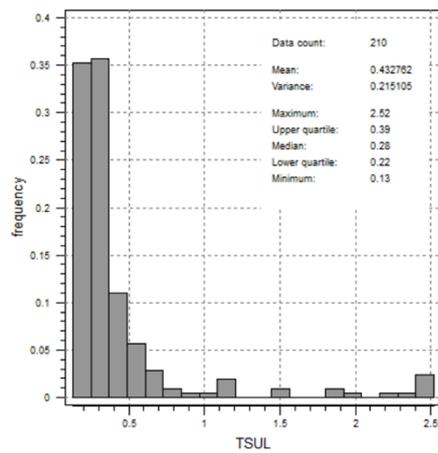
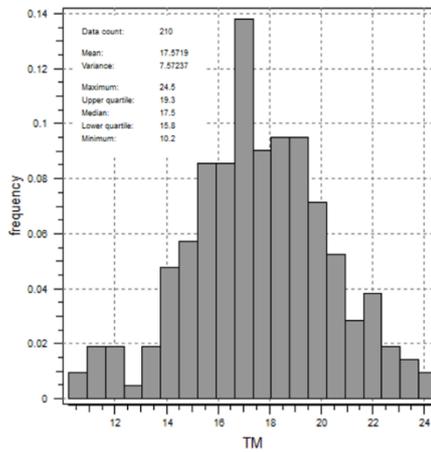
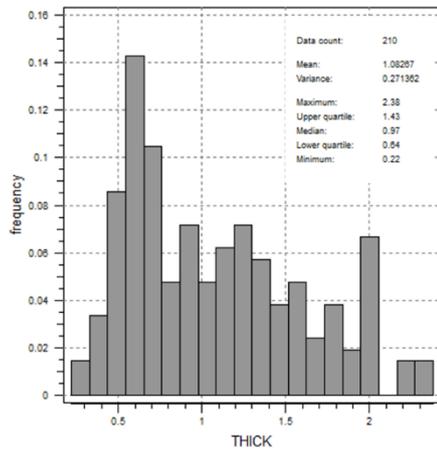
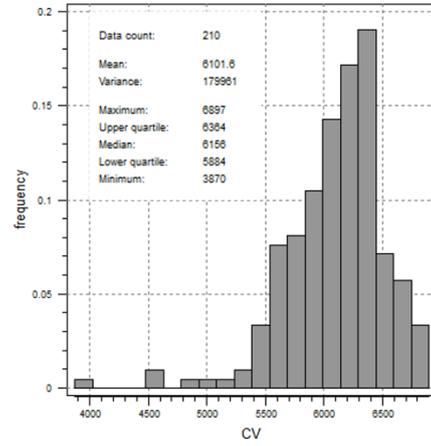
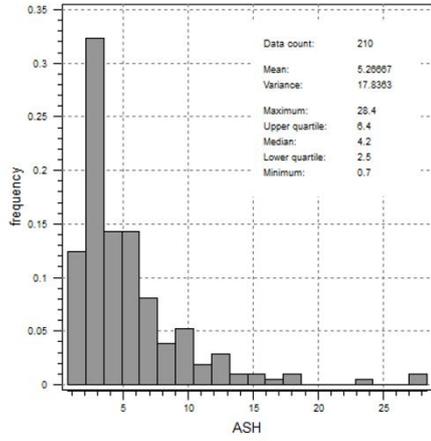


*Total Moisture*



Kadar Sulfur

### Lampiran 3. Histogram Data Awal



## Lampiran 4. Histogram Hasil Estimasi Sumberdaya

