

INTERPRETASI PERSEBARAN LAPISAN BATUBARA MENGUNAKAN *GEOPHYSICAL LOGGING* PENDEKATAN *KRIGING* DI PT. X, DAERAH PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

*¹Nur Rahmayanti, ^{1,2}Supriyanto, ¹Adrianus Inu Natalisanto, Fajar Alam

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

Corresponding Author: rahma09snsdgg@gmail.com

ABSTRACT

Geophysical logging method is one of the geophysical methods used to determine thickness of the coal seam, the upper and the lower limits of the coal layer illustrate the lithology sequence of rocks in each borehole. The kriging method is one of the interpolation methods in geostatistical methods that often used to predict the problem. This study aims are determine the estimation of coal seam distribution derived from thickness data that obtained from the analysis of geophysical logging methods and the distribution of coal quality viewed from Ash content, Fixed Carbon, Volatile Matter, and Sulfur. The data used in this study are secondary data of coal weld data and coal quality data. Data from coal welding was analyzed using geophysical logging by considering the gamma ray log and log density to obtain coal thickness and then the coal thickness data. The coal quality data was used to estimate the distribution of coal layers and coal quality using the Ordinary Kriging method. Based on the results of the study. The NR4 seam coal is in the form of an estimation model which is displayed in color where there is a distribution of the thickness of the rock interpreted with the smallest coal thickness value of 0.7238 - 0.9055 (m) and the largest thickness value is 1,996 - 2,178 (m) with an average thickness 4,343 m and estimated ash content of 3,348% -11.7%, fixed carbon 40.72% - 46.22%, volatile matter 35.91% -39.49% and sulfur 0.152% - 0.981%.

Keywords : Coal, thicknes, quality, geophysical logging method, ordinary kriging.

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan galian strategis yang menjadi salah satu sumber daya bernilai ekonomis penting. Informasi mengenai sumber daya serta besar cadangannya menjadi tujuan yang mendasar dalam merencanakan kebijaksanaan dibidang energi nasional. Penggunaan metoda geofisika penampang lubang bor (*well logging*) dalam eksplorasi batubara sudah umum dilakukan untuk mengetahui ketebalan lapisan batubara, batas atas dan bawah lapisan batubara serta membantu menggambarkan urutan litologi batuan pada setiap lubang bor.

Namun, seringkali masalah muncul pada saat solusi dari permasalahan estimasi telah diketahui. Salah satu masalah yang muncul pada saat solusi itu didapat adalah masalah melakukan prediksi terhadap masalah yang telah diolah. Pada beberapa penelitian, para ahli telah banyak membuktikan bahwa metode *kriging* layak digunakan untuk memperoleh estimasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode estimasi lainnya, dikarenakan dalam prosesnya metode *kriging* terdapat tahap meminimalkan variasi dan galatnya.

Maka dari itu, penelitian ini menggunakan metode *Ordinary kriging* yang bertujuan untuk mengetahui

pengaruhnya terhadap estimasi persebaran lapisan batubara yang bersumber dari data lubang bor (*well logging*), yakni data ketebalan batubara dan kualitas batubara yang bersumber dari data laboratorium kualitas batubara.

2. TEORI

Logging merupakan metode pengukuran besaran-besaran fisik batuan terhadap kedalaman lubang bor. Sesuai dengan tujuan logging yaitu menentukan besaran-besaran fisik batuan maka dasar dari logging itu sendiri adalah sifat-sifat fisik atau petrofisik dari batuan. Well logging dapat dilakukan dengan dua cara dan bertahap yaitu dengan openhole logging dan casedhole logging. Terdapat beberapa Jenis log yang digunakan dalam eksplorasi geofisika, yaitu:

1. Log Gamma Ray (Log Sinar Gamma)
 2. Log Desitas
 3. Log Neutron
 4. Log Resistivitas
 5. Log Caliper
- (Harsono, 2007)

2.1 Log Gamma Ray (Log Sinar Gamma)

Log Gamma Ray adalah metoda untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur - unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut diantaranya *Uranium, Thorium, Potassium, Radium*, dan lain - lain. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone, limestone, dolomite, coal, gypsum*, dan lain - lain. Oleh karena itu *shale* akan memberikan respon *Gamma Ray* yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan yang lainnya. Unsur radioaktif, seperti mineralisasi *Uranium* pada *sandstone, Potassium Feldspar* atau *Uranium* yang mungkin terdapat pada *coal* dan *dolomite*.

2.2 Log Density (Log Rapat Massa)

Awalnya penggunaan *log* ini dipakai dalam industri eksplorasi minyak sebagai alat bantu interpretasi porositas. Kemudian dalam eksplorasi batubara dikembangkan menjadi unsur utama dalam identifikasi ketebalan bahkan kualitas *seam* batubara. Dimana rapat massa batubara sangat khas yang hampir hanya setengah kali rapat massa batuan lain pada umumnya. Lebih ekstrem lagi dalam aplikasinya pada industri batubara karena sifat fisik ini (rapat massa) hampir linier dengan kandungan abu sehingga pemakaian *log* ini akan memberikan gambaran khas bagi tiap daerah dengan karakteristik lingkungan pengendapannya (Abdullah, 2009 dalam Suardi, 2012).

2.3 Semivariogram Eksperimental

Semivariogram Eksperimental adalah semivariogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran. Semivariogram dapat digunakan untuk mengukur korelasi spasial berupa variansi selisih pengamatan pada lokasi dan lokasi berjarak $s + h$. Taksiran semivariogram eksperimental pada jarak h adalah sebagai berikut: (Awali, 2013 dalam Bhakti, 2016)

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

dengan:

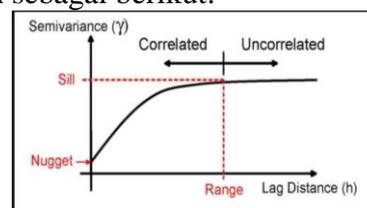
$\gamma(h)$ = nilai pengamatan dengan jarak h

$Z(s_i + h)$ = bobot pada lokasi $s+h$

$Z(s_i)$ = bobot pada lokasi h

N = banyaknya pasangan sampel yang digunakan untuk estimasi

Gambar plot semivariogram eksperimental adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Semivariogram Eksperimental

(Bhakti,2011)

2.4 Semivariogram Teoritis

Dalam analisis data geostatistika proses pencocokan antara semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis ini disebut analisis struktural (*structural analysis*). Ada beberapa model semivariogram teoritis yang diketahui dan biasanya digunakan sebagai pembandingan dari semivariogram eksperimental: (Awali, 2013 dalam Bhakti, 2016)

1. Model Spherical

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left[\left(\frac{3h}{2a} \right) - \left(\frac{h}{2a} \right)^3 \right], & \text{untuk } h \leq a \\ c, & \text{untuk } h \geq a \end{cases}$$

2. Model Eksponensial

$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right]$$

3. Model Gaussian

$$\gamma(h) = c \left[1 - \exp\left(-\frac{h^2}{a}\right) \right]$$

(Respatti, 2014).

2.5 Metode Kriging

Metode ini digunakan untuk mengestimasi karakteristik dari estimator \hat{Z} pada titik tidak tersampel berdasarkan informasi dari titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya. (Respatti, 2014):

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Di mana

λ_i : bobot dari $Z(x_i)$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$

$Z(x_i)$: nilai pengamatan ke- i

Banyak metode yang dapat digunakan dalam metode *kriging*. Metode Kriging dibagi menjadi tiga jenis *kriging* pokok, yaitu *Simple Kriging*, *Ordinary Kriging* dan *kriging with a trend* (Respatti, 2014).

2.6 Ordinary Kriging

Pada Penelitian ini menggunakan metode *ordinary kriging*. Metode *ordinary kriging* merupakan metode yang sering

dikenal dengan *Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)*. Metode *ordinary kriging* memiliki asumsi bahwa variabel tereregional $Z(x)$ adalah stasioner dan nilai rata-rata tidak diketahui dan bernilai konstan. Pada metode *ordinary kriging* untuk menaksir sembarang titik yang tidak tersampel (x_0) dapat menggunakan kombinasi linier dari variabel acak $Z(x_i)$, dan nilai bobot *kriging* (λ_i) masing-masing, yang secara matematis (Respatti, 2014).

Sebelum model interpolasi digunakan, perlu diketahui terlebih dahulu seberapa akuratkah model yang digunakan. Salah satu cara untuk menguji keakuratan suatu model adalah dengan menggunakan validasi silang (*cross validation*) (Rosilawati, 2011).

Ukuran yang dapat digunakan untuk membandingkan keakuratan model adalah *Root Mean Square Error (RMSE)*. *RMSE* didefinisikan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{SSE}{n}}$$

$$\text{dengan } SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

dimana

RMSE = Root Mean Square Error

SSE = Sum of Square Error

n = banyaknya titik sampel

e_i = galat (error)

(Tatalovich, 2005 dalam Rosilawati, 2011)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 5 bulan, dari bulan September 2018 hingga Januari 2019. Penelitian ini menggunakan data *collar* koordinat dan kualitas batubara serta *software* untuk analisis *geophysical logging* dan estimasi kriging

Penelitian ini diawali dengan tahap studi literatur terkait. Ini dilakukan untuk mengetahui beberapa referensi yang telah

dilakukan oleh para peneliti-peneliti sebelumnya dan juga mengetahui beberapa referensi yang mendukung penelitian ini. Selanjutnya pengumpulan data, dimana data yang digunakan merupakan data sekunder berupa data log sumur bor batubara dan data collar koordinat batubara, serta data collar kualitas batubara. Data input yang digunakan berupa data log sumur bor batubara dengan 3 log utama, yaitu log capiler, log gamma ray dan log densitas kedalam perangkat lunak (*software*) yang digunakan.

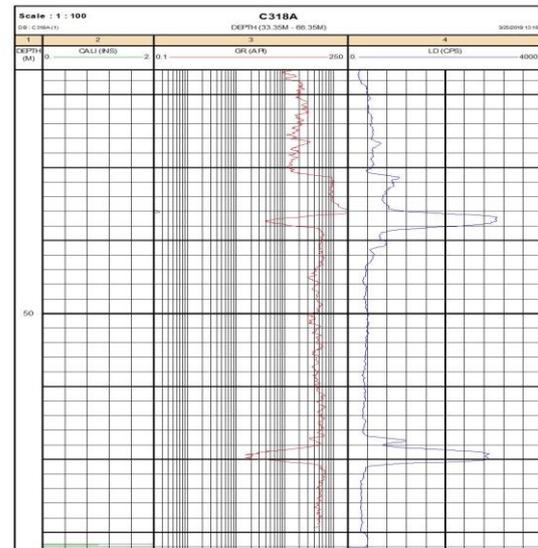
Hasil input data bor berupa geolombang gamma ray dan densitas digunakan untuk menginterpretasikan lapisan batuan untuk melihat litologi lapisan batuan sehingga diperoleh ketebalan batubara untuk selanjutnya digunakan untuk interpretasi persebaran lapisan batubara menggunakan *software* estimasi menggunakan ordinary kriging. Hasil analisis geophysical logging berupa ketebalan batubara dan kualitas batubara berupa *ash*, *fixced carbon*, *volatile matter* dan *sulfur* diolah untuk memperoleh estimasi persebaran lapisan batubara dan estimasi kualitas batubara dengan bantuan *software* estimasi untuk dilakukan perhitungan variogram berupa perhitungan semivariogram experimental dan semivariogram teoritis yang selanjutnya dilakukan pemilihan model terbaik dengan perhitungan *Cross Validation* untuk memperoleh model estimasi persebaran batubara dan model estimasi masing-masing parameter kualitas batubara.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis *Geophysical Logging* (Log Gamma Ray dan Log Density)

Pada penelitian ini digunakan analisis geophysical logging berupa log gamma ray dan log density yang dilakukan pada 8 titik sumur bor. Hasil analisis yang diperoleh digunakan dalam menginterpretasikan lapisan apa saja yang terdapat dalam lubang bor pada kedalaman tertentu, sehingga penulis dapat membuat

ketebalan batuan dan litologi batuan, dimana dalam penelitian ini dibutuhkan nilai ketebalan batuan batubara yang diperoleh dari analisis *geophysical logging* ini. Berikut adalah contoh *geophysical logging* berupa *log gamma ray* dan *log density* dari titik bor C318A dengan total ke dalam 70.35 m.



Gambar 2 Analisis geophysical logging berupa log gamma ray dan log density pada titik bor C1028

Dari hasil analisis log gamma ray dan log density seperti pada Gambar 2 di atas dapat diperoleh litologi lapisan batuan

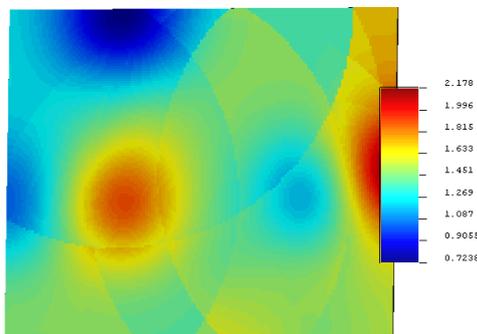
Ketebalan Batubara pada Seam NR4

Dari analisis geophysical logging berupa log gamma ray dan log density diperoleh lapisan-lapisan batubara yang dikelompokkan kedalam beberapa seam. Dalam penelitian ini digunakan sebuah major seam, yaitu seam NR4. Data ketebalan batubara pada seam NR4 dapat dilihat tabel.

No	Bore Hole	Easting	Northing	Elevation (m)	Ketebalan	Litho
1	C1002	396769	9855486	99.377	1.44	Coal
2	C1004	395433	9856066	86.806	0.96	Coal
3	C1603	397079	9856177	93.794	2.38	Coal
4	C1933	395914	9856865	93.442	0.56	Coal
5	C1028	395916	9856044	88.259	2.08	Coal
6	C1030	396341	9855848	89.34	1.4	Coal
7	C1042	396048	9856392	91.666	1.58	Coal
8	C318A	396774	9856105	92.446	1.06	Coal

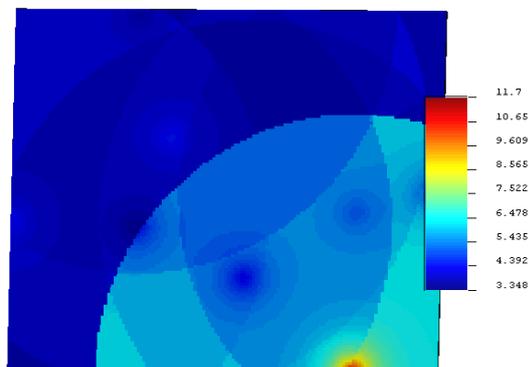
4.2 Hasil Estimasi Persebaran Batubara

Perhitungan estimasi persebaran batubara kali ini menggunakan metode perhitungannya Ordinary Kriging. Perhitungan Ordinary Kriging menggunakan data ketebalan batubara yang merupakan hasil dari analisis *geophysical logging* (log gamma ray dan log density) sebelumnya, dimana hasil dari perhitungan estimasi ini disajikan dalam bentuk peta model estimasi persebaran ketebalan batubara seperti yang dapat dilihat pada Gambar.



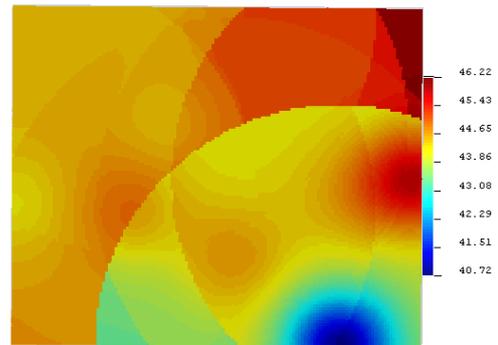
Gambar 3 Model Hasil Persebaran Ketebalan Batubara Seam NR4

Hasil Estimasi Kualitas Ash



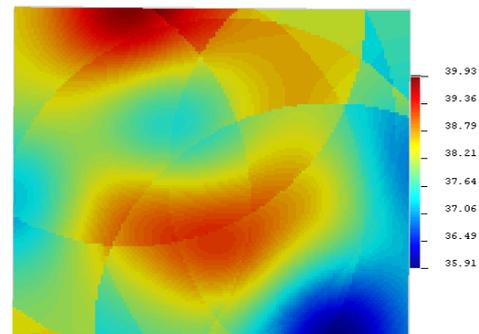
Gambar 4 Model estimasi kualitas Ash pada batubara seam NR4

Hasil Estimasi Kualitas Fixed Carbon



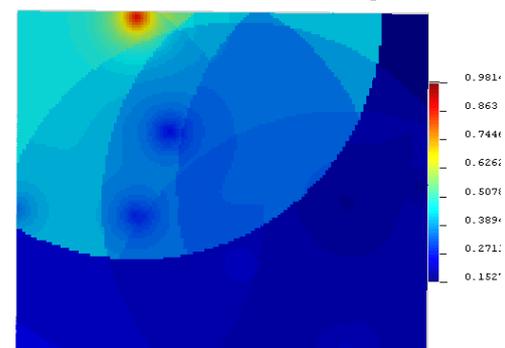
Gambar 5 Model estimasi kualitas Fixed Carbon pada batubara seam NR4

4.3 Hasil Estimasi Kualitas Volatile Mater



Gambar 6 Model estimasi kualitas Volatile Mater pada batubara seam NR4

Hasil Estimasi Kualitas Sulfur



Gambar 7 Model estimasi kualitas Sulfur pada batubara seam NR4

4.4 Pembahasan

Batubara merupakan endapan yang mengandung hasil akumulasi material organik yang berasal dari bekas tumbuhan yang telah melalui proses penggabutan

dan pembatubaraan litifikasi untuk membentuk lapisan batubara, material tersebut telah mengalami kompaksi, ubahan kimia dan proses metamorfosis oleh peningkatan panas dan tekanan selama periode geologi.

Pada penelitian ini membahas bagaimana menginterpretasikan estimasi persebaran batubara menggunakan data ketebalan batubara dari 8 titik luang bor yang diperoleh dari analisis *geophysical logging*, yaitu *log gamma ray* dan *log density*. Pada setiap sumur dilakukan analisis *geophysical logging* dengan memperhatikan *log gamma ray* dan *log density*, kedua log ini dipilih karena karakteristik batubara yang sangat sedikit mengandung unsur radioaktif dan memiliki rapat massa batubara yang hampir hanya setengah kali rapat massa batuan lain pada umumnya, sehingga dapat memudahkan dalam menentukan ketebalan batubara pada setiap sumur seperti yang terlihat pada tabel 4.2 yang selanjutnya dilakukan analisis geostatistik.

Analisis geostatistik dilakukan dengan tujuan untuk mengestimasi persebaran ketebalan batubara di daerah titik sampel ketebalan yang ada. Dimana dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.10. Pada Gambar 4.10 diperoleh hasil persebaran batubara berupa model estimasi yang ditampilkan dalam bentuk warna dimana terdapat persebaran ketebalan batubara yang diinterpretasikan secara merata di daerah penelitian dengan kisaran nilai ketebalan batubara terkecil sebesar 0.7238 – 0.9055 (m) dan nilai ketebalan terbesar 1.996 – 2.178 (m) dengan ketebalan rata-rata 4.343 m.

Pada penelitian ini dilakukan pula estimasi terhadap kualitas batubara ditinjau dari kadar ash, fixed carbon, volatile matter dan kadar sulfurnya seperti yang terlihat pada Gambar 4.11 hingga Gambar 4.14. Dimana hasil yang diperoleh berupa model estimasi yang ditampilkan dalam bentuk warna. Pada gambar 4.11, yakni model estimasi kadar ash pada batubara,

terlihat persebaran kadar ash yang merata dengan, dimana pada Gambar 4.11 terlihat warna biru muda dan biru tua yang mendominasi, hal ini menandakan pada area penelitian batubara memiliki kandungan ash yang tidak besar, yakni kisaran 3.348 % hingga 11.7 %. Pada hasil estimasi persebaran kandungan fixed Carbon yang dapat dilihat pada Gambar 4.12, terlihat bahwa hasil model estimasi didominasi dengan warna kuning tua hingga merah tua. Hal ini menandakan bahwa pada daerah penelitian memiliki kandungan fixed carbon yang tinggi, dengan nilai terendah 40.72% dan nilai kandungan fixed carbon tertingginya 46.22%. pada model hasil estimasi kandungan volatile matter pada batubara di daerah penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.13, diperoleh nilai kandungan volatile matter yang tidak terlalu berbeda dengan nilai actual, dimana nilai tertinggi yang diperoleh sebesar 39.49% dan nilai kandungan volatile matter terendah sebesar 35.91%. Pada hasil estimasi persebaran kandungan sulfur yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 memiliki kemiripan dengan hasil estimasi persebaran kadar ash pada batubara, dimana terlihat warna pada hasil model estimasi didominasi dengan warna biru muda hingga biru tua yang menandakan kandungan sulfur batubara di daerah penelitian tidak banyak, yakni dengan kisaran 0.152 % hingga tertinggi 0.981 %.

Bila dilihat pada pengklasifikasian batubara pada Tabel 2.1 di bab sebelumnya, berdasarkan hasil estimasi persebaran kualitas batubara ditinjau dari kandungan ash, volatile matter, fixed carbon dan sulfur di atas, maka batubara pada seam NR4 Sub-bituminous disebut black lignite adalah jenis batubara transisi antara lignite dan bituminous, dengan kualitas sedang. Namun, dalam menentukan klasifikasi batubara ini masih diperlukan penelitian yang lebih dalam menggunakan parameter-parameter yang lainnya.

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Pada penelitian ini diperoleh hasil persebaran batubara berupa model estimasi yang ditampilkan dalam bentuk warna dimana terdapat persebaran ketebalan batubara yang diinterpretasi tidak merata pada daerah penelitian dengan ketebalan rata-rata batubara 4.343 m.
2. Pada hasil penelitian estimasi persebaran kualitas batubara diperoleh hasil nilai kandungan *ash* dan kandungan *sulfur* yang kecil dan nilai kandungan *fixed carbon* dan *volatile matter* yang cukup besar. Berdasarkan hasil estimasi persebaran kualitas batubara ditinjau dari kandungan *ash*, *volatile matter*, *fixed carbon* dan *sulfur* di atas, maka batubara pada seam NR4 *Sub-bituminous* disebut *black lignite* adalah jenis batubara transisi antara lignite dan bituminous, dengan kualitas sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aladin, Andi. 2011, *Sumber Daya Alam Batubara*, Bandung: CV. Lubuk Agung.
- Aprilia, R., dkk, *Analisis Petrofisika Dan Penyebab Low Resistivity Reservoir Zone Berdasarkan Data Log, Sem, XRD Dan Petrofisika Pada Lapangan X Sumatra Selatan*, Bandar Lampung: Universitas Lampung
- Awali, Abib Awali., 2013, *Estimasi Kandungan Hasil Tambang Menggunakan Ordinary Indicator Kriging*, Semarang: Universitas Diponegoro
- Bhakti, E'ed Tri G., 2016, *Analisis Persebaran Lapisan Batubara dengan Menggunakan Metode Ordinary Kriging di PIT S11GN PT. Kitadin Desa Embalut Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur*, (Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman), Samarinda: Tidak Diterbitkan.
- Puspita, W., 2013, *Analisis Data Geostatistika Menggunakan Metode Ordinary Kriging*, (Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta), Yogyakarta: Tidak Diterbitkan.
- Respati, Erizal., 2014, *Perbandingan Metode Kriging dan Inverse Distant Weighted untuk Estimasi Elevasi Pada Data Topografi (Studi Kasus: Topografi Wilayah FMIPA Universitas Mulawarman)*, (Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman), Samarinda: Tidak Diterbitkan.
- Rosilawati, R. 2011. *Perbandingan Analisis Metode Interpolasi Spasial Ordinary Kriging dan Inverse Distance Weighted (IDW) Pada Penentuan Bahan Organik Tanah di Kabupaten Sampang*. (Skripsi Sarjana pada Program Studi Matematika Universitas Brawijaya) Malang: Tidak Diterbitkan
- Sari, Claudia Dewi P., 2019, *Analisis Penyebaran Sifat Fisis Reservoir Dengan Meote Geostatistik (Studi Kasus: Lapangan Boonsville, Texas, Amerika Serikat)*, (Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman), Samarinda: Tidak Diterbitkan.
- Suardi, Ujang., 2013, *Identifikasi Penyebaran dan Analisis Stripping Ratio (SR) Seam Batubara dengan Menggunakan Data Geofisika Logging pada Area Pit-3 Konsesi Tambang Batubara di Kohong-Kalimantan Tengah*, (Skripsi Sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Lampung), Bandar Lampung: Tidak Diterbitkan.

- Wahyudi, Anjay Setyo., 2016, *Metode Robust Kriging Untuk Mengestimasi Data Spasial Berpencilan (Studi Kasus: Pencemaran Udara Gas NO2 di Kota Semarang)* Semarang: Universitas Diponegoro
- Wijayanti, Safitri, 2016, *Studi Variasi Kandungan Sulfur Seam Batubara Menggunakan Geostatistika Metode Ordinary Kriging Wilayah X Sebulu, Kalimantan Selatan* (Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman), Samarinda: Tidak Diterbitkan