

Estimasi Sumberdaya Batubara Pada Pit Timur, PT. Allied Indo Coal Jaya, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat

Muhammad Faiz^{1*}, and Dedi Yulhendra^{2**}

¹Mahasiswa Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

²Dosen Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*muhammadfaiz1599@gmail.com

**dediyulhendra@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Allied Indo Coal Jaya conducts mining using open pit mining and underground mining methods. With coal prices relatively rising, the company plans to expand mining area in Eastern Pit. The references in the pit expansion plan and strategic mining plan is to estimate and model resources. The estimation of resources at PT Allied Indo Coal Jaya uses a comparison of the Geostatistics method (Ordinary Kriging) with the Conventional (*Polygon*) method. Which Geostatistics method is more favored because it considers spatiality. *Ordinary Kriging* tends to produce block estimates that are more evenly distributed or less varied than the actual levels. The methode *Polygon* is a conventional method and is commonly applied to deposits that are relatively homogeneous and have a simple geometry. From the results of estimating and modeling coal resources in the Pit Timur of PT Allied Indo Coal Jaya, the Ordinary Kriging method provides total coal resource of 5,678,887.5 tons and the *Polygon* method provides total coal resource of 6,537,342 tons. Meanwhile, in the comparison of resource models from the two methods with original situation using correlation analysis, the value of the coefficient of determination in the *Ordinary Kriging* method was obtained more large compared to *Polygon* method.

Keywords: Coal, Resources, Estimation, Ordinary Kriging, Polygon.

1. Pendahuluan

PT. Allied Indo Coal Jaya melakukan penambangan dengan metode tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Dengan harga batubara yang relatif naik, perusahaan berencana memperluas daerah penambangan Pit Timur. Pada metode tambang terbuka, saat ini PT Allied Indo Coal Jaya sedang melakukan penambangan pada pit Timur dengan realisasi penambangan pada tahun 2020 sebesar 126.577 ton dan target pada tahun ini adalah 140.000 ton.

Sementara itu menurut perhitungan sumberdaya di PT Allied Indo Coal Jaya, sumberdaya yang tersisa pada tahun 2020 sebesar 786.133 ton untuk sumberdaya tereka, 736.217 untuk sumberdaya tertunjuk, dan 736.477 ton untuk sumberdaya terukur. Perhitungan ini mengacu pada hasil pemboran eksplorasi tahun 2008, sehingga data sisa sumberdaya ini belum bisa dipastikan. Untuk mengevaluasi sisa sumberdaya batubara di PT Allied Indo Coal Jaya, perlu dilakukan perhitungan ulang sumberdaya.

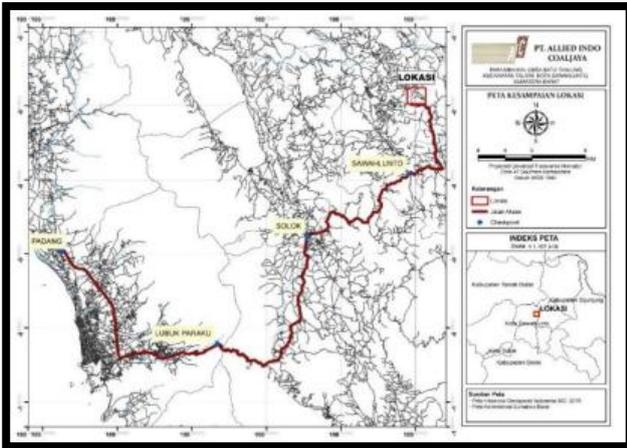
Oleh karena itu penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “Estimasi Sumberdaya Batubara pada Pit Timur Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.”

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Deskripsi Perusahaan

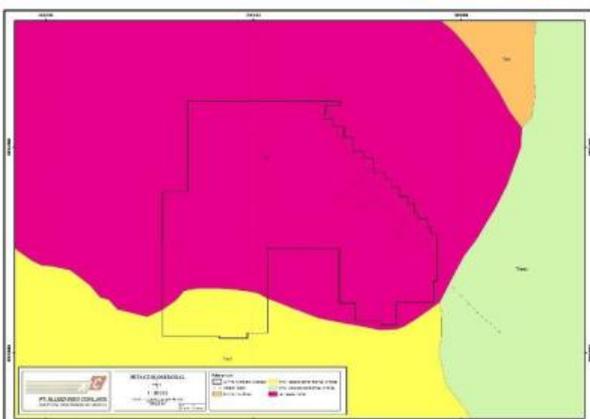
PT. Allied Indo Coal Jaya (PT.AICJ) yang merupakan ijin Walikota berupa kuasa penambangan dengan luas area 327,40 Ha, yang kemudian pada tanggal 4 april 2010 izin kuasa penambangan menjadi Izin Usaha Penambangan (IUP). Pada tahun 2017 terjadi pergantian kepemilikan perusahaan yang kini dimiliki oleh pengusaha asal Talawi.

Lokasi penambangan PT. Allied Indo Coal Jaya (PT.AICJ) berada di Desa Parambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis wilayah IUP PT. Allied Indo Coal Jaya berada pada posisi 100 46' 48" – 100 48' 47" BT dan 00 35' 34" – 00 36' 59" LS.



Sumber: PT Allied Indo Coal Jaya
Gambar 1. Peta Lokasi Kesampaian Daerah

Propinsi Sumatera Barat memiliki kondisi geologi yang cukup unik dan merupakan bagian dari geologi regional Sumatera. Kondisi geologi yang terdapat pada daerah sawahlunto adalah cekungan Ombilin. Terdapat tiga struktur geologi yang dikenali di Cekungan Ombilin, yakni: Struktur dengan arah barat laut tenggara (NW-SE) yang membatasi Cekungan Ombilin terdiri Sesar Sitangkai, Sesar Tigojangko, dan Sesar Silungkang, Struktur dengan arah umum utara-selatan (N-S) terdiri dari Sesar Kolok, Sesar Tigotumpuk, Sesar Tanjung Ampalu, dan Sesar Sawahlunto. Struktur dengan arah barat-timur (EW) yang membentuk sesar antithetic dengan komponen dip-slip



Sumber: PT Allied Indo Coal Jaya
Gambar 2. Peta Geologi PT. Allied Indo Coal Jaya

2.2 Kajian Teori

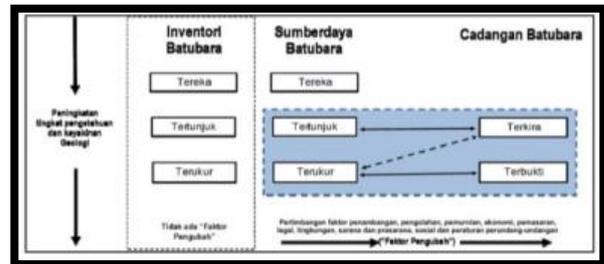
2.2.1 Batubara

Batubara adalah akumulasi material organik yang berasal dari sisa- sisa tumbuhan yang telah melalui proses kompaksi, ubahan kimia dan proses metamorfosis oleh peningkatan panas dan tekanan selama perioda geologis

(Menurut Standar Nasional Indonesia 1998). Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batubara umumnya dibagi dalam lima kelas: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut

2.2.2 Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan

Sumberdaya batubara dibagi menjadi tiga sesuai dengan tingkat keyakinannya, yaitu Tereka, Tertunjuk dan Terukur. Adapun cadangannya dibagi menjadi dua yaitu cadangan batubara terkira dan cadangan batubara terbukti. (SNI 2019)



Sumber: SNI 5015 : 2019
Gambar 3. Hubungan Sumberdaya dan Cadangan

2.2.3 Pertimbangan Aspek Geologi

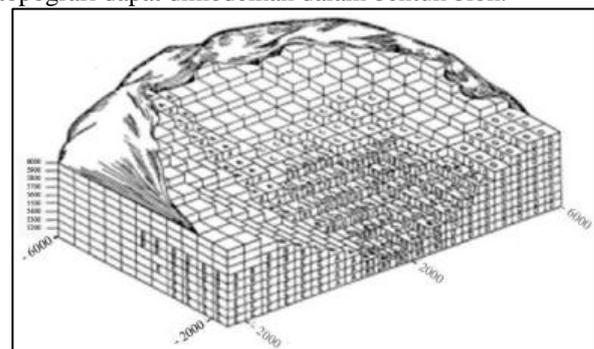
Proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi dalam pembentukan endapan batubara dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok utama, yaitu: Geologi Sederhana, Geologi Moderat, Geologi Kompleks.

Kondisi geologi	Kriteria	Sumber daya		
		Tereka	Tertunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik pengamatan (m)	1.000 < x ≤ 1.500	500 < x ≤ 1.000	x ≤ 500
Moderat	Jarak titik pengamatan (m)	500 < x ≤ 1.000	250 < x ≤ 500	x ≤ 250
Kompleks	Jarak titik pengamatan (m)	250 < x ≤ 500	100 < x ≤ 250	x ≤ 100

Sumber: SNI 5015 : 2019
Gambar 4. Jarak Titik Informasi Menurut Geologi

2.2.4 Blok Model

Pemodelan dengan komputer untuk merepresentasikan endapan bahan galian umumnya dilakukan dengan model blok (*block model*). Dimensi blok model tersebut sesuai dengan disain penambangannya, yaitu mempunyai ukuran yang sama dengan tinggi jenjang. Semua parameter seperti jenis batuan, kualitas batubara, dan topografi dapat dimodelkan dalam bentuk blok.



Sumber : Hustrulid & M. Kuchta
Gambar 5. Blok Model

2.2.5 Statistik Dasar

Statistik adalah suatu disiplin ilmu matematika yang digunakan untuk merancang proses pengumpulan data, meringkas, menginterpretasikan, dan menggambarkan data, serta menarik kesimpulan dari data yang ada (Hanief, 2017). Statistik dibagi menjadi tiga, yaitu : statistik univariat, bivariat, dan spasial

2.2.6 Variogram

Variogram oleh *Journal & Huigbreight* dikatakan sabagai karakteristik variabel diantara dua kuantitas (conto) $Z(x_i)$ dan $Z(x_i+h)$. variogram eksperimental dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

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

Dimana :

- (h) : Variogram Eksperimental
 $Z(s_i)$: Nilai kadar pada lokasi s_i
 $Z(s_i + h)$: Nilai kadar pada lokasi $s_i + h$
 $N(h)$: Jumlah pasangan data

Variogram merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengestimasi suatu nilai. Dalam pembuatan variogram model terlebih dahulu melakukan analisis variogram eksperimental. Setelah dilakukan analisis tersebut, proses selanjutnya adalah fitting variogram. Pada saat fitting variogram model disesuaikan dengan model Spherical, Eksponensial atau Gaussian.

2.2.1 Kriging

Kriging merupakan analisis data geostatistika yang digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai yang mewakili suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut. Kriging merupakan suatu metode interpolasi yang menghasilkan prediksi atau estimasi tak bias dan memiliki kesalahan minimum.

Banyak metode yang dapat digunakan dalam metode kriging namun berdasarkan asumsi mean yang digunakan maka dapat dibedakan menjadi tiga yaitu Simple Kriging, Ordinary Kriging, dan Universal Kriging. Simple Kriging mengasumsikan bahwa mean konstan dan diketahui. Ordinary Kriging mengasumsikan bahwa mean konstan dan tidak diketahui, sedangkan Universal Kriging mengasumsikan bahwa mean tidak konstan dan berubah sesuai lokasi. Dalam perkembangannya, ketiga metode tersebut menjadi dasar dalam pengembangan metode kriging seperti: Probability Kriging, Disjunctive Kriging, Cokriging, Bayesian Kriging dan Indicator Kriging.

Metode Ordinary Kriging (OK) merupakan metode estimasi suatu peubah acak pada suatu titik (lokasi) tertentu dengan mengamati data yang sejenis dilokasi lain dengan mean data diasumsikan konstan tetapi tidak diketahui nilainya. Pada metode Ordinary Kriging, nilai-nilai sampel yang diketahui dijadikan kombinasi linier untuk menaksir titik-titik disekitar daerah (lokasi) sampel..

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metodologi penelitian terapan (Applied Research). Menurut Yusuf (2005), penelitian terapan adalah penelitian yang lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk dan dalam masyarakat, ataupun untuk keperluan tertentu (industri, usaha dll). penelitian ini tergolong kedalam penelitian kuantitatif, Penelitian terapan ini merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian- penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.

Objek penelitian yang dijadikan penulis sebagai penelitian adalah estimasi sumberdaya batubara pada pit Timur, PT Allied Indo Coal Jaya

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil

4.1.1 Basis Data Ketebalan Batubara

Basis data ketebalan batubara merupakan suatu hal yang sangat penting dalam permodelan batubara. Basis data diperoleh dari hasil pemboran eskplorasi PT. Allied Indo Coal Jaya. Basis data yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu data drillhole dan data ketebalan.

Basis data ini diolah menjadi dataset ketebalan batubara pada masing-masing lapisan batubara menggunakan aplikasi ASCII file dalam format *txt*. Penyusunan dataset ini digunakan untuk keperluan import data pada aplikasi *SGEMS (Stanford Geostatistic Earth)*. Adapun format import dataset ketebalan batubara pada aplikasi *SGEMS* seperti pada gambar 10



X	Y	Z	Ketebalan B1
18589.17	-11628.79	287.18	3.40
18589.17	-11628.79	286.18	3.40
18589.17	-11628.79	285.18	3.40
18589.17	-11628.79	284.18	3.40
18589.17	-11628.79	283.78	3.40
18465.06	-11309.25	223.21	2.81
18465.06	-11309.25	222.21	2.81
18465.06	-11309.25	221.21	2.81
18465.06	-11309.25	220.40	2.81
18361.77	-11279.50	272.75	3.20
18361.77	-11279.50	271.75	3.20

Gambar 6. Format Import Dataset Ketebalan Batubara

Untuk penyusunan dataset ketebalan menggunakan sistim komposit satu meter, yang mana data setiap lubang bor disusun maksimal satu meter secara vertikal.

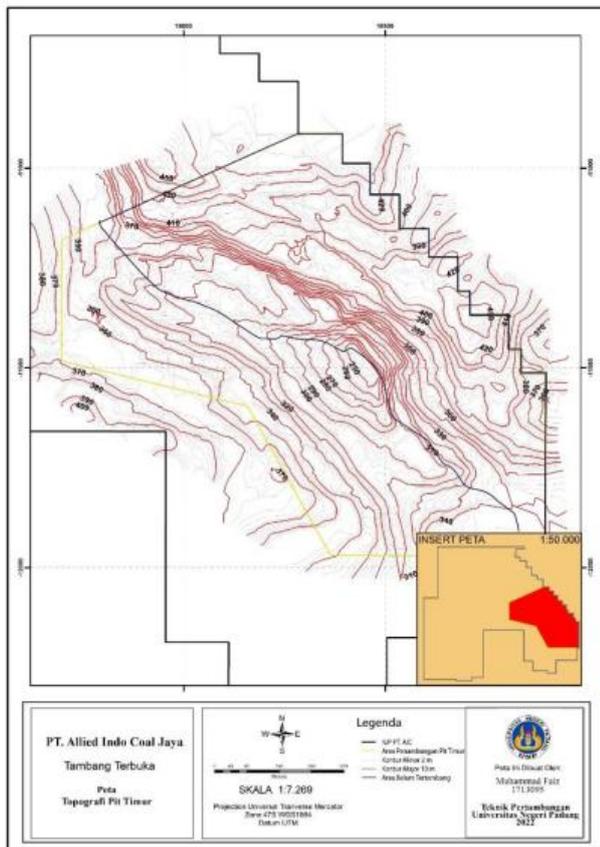
4.1.2 Peta Topografi

Pit timur PT Allied Indo Coal Jaya memiliki luasan sekitar 30 hektar dengan elevasi maksimum 454 mdpl dan elevasi minimum 244 mdpl. Elevasi maksimum berada pada bagian barat laut dan elevasi terendah berada pada bagian tengah/sentral pit.

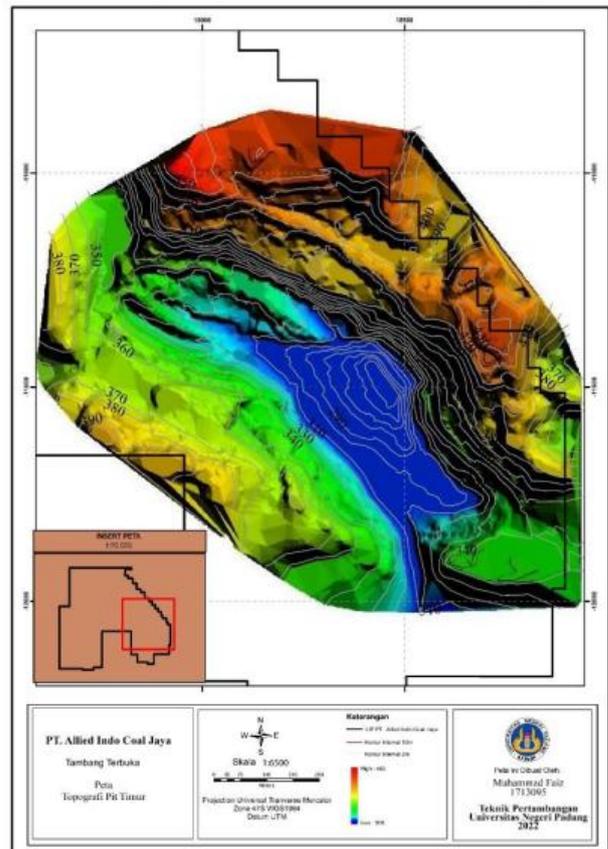
Dapat dilihat pada gambar 7 dan 8, pada daerah penelitian terdapat perbedaan elevasi yang cukup curam

dikarenakan pit timur sudah dilakukan kegiatan eksploitasi. Untuk menghindari overestimated pada

estimasi sumberdaya batubara, maka perlu adanya batas area estimasi, yaitu pada daerah belum tertambang.



Gambar 7. Peta Topografi Pit Timur



Gambar 8. Peta Topografi Pit Timur (Interval Warna)

4.1.3 Analisis Statistik Univariat

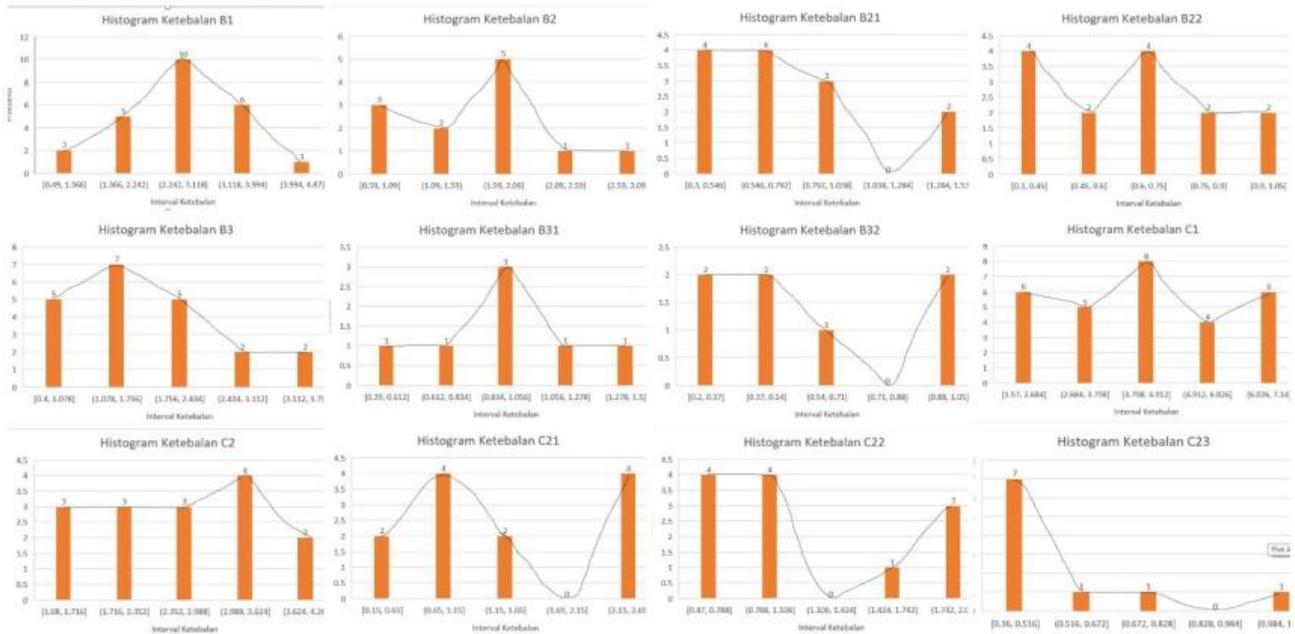
Hasil analisis statistik univariat berupa nilai-nilai parameter univariat dan histogram pada masing-masing ketebalan lapisan batubara. Pada nilai parameter dan histogram tersebut dapat diinterpretasikan bentuk penyebaran data ketebalan lapisan batubara.

Tabel 1. Parameter Analisis Statistik Univariat Ketebalan Batubara

Parameter Univariat	Seam B1	Seam B2	Seam B21	Seam B22	Seam B23	Seam B3	Seam B31	Seam B32	Seam C1	Seam C2	Seam C21	Seam C22	Seam C23
Mean	2.629	1.548	0.755	0.648	1.057	1.761	0.944	0.581	4.201	2.598	1.386	1.099	0.543
Standard Error	0.200	0.208	0.099	0.065	0.203	0.193	0.132	0.121	0.295	0.269	0.240	0.167	0.076
Median	2.735	1.615	0.650	0.610	1.250	1.700	0.850	0.470	3.820	2.450	1.135	0.830	0.455
Mode	#N/A	#N/A	0.5	#N/A	#N/A	1.55	#N/A	#N/A	3.8	1.08	#N/A	#N/A	0.36
Standard Deviation	0.982	0.720	0.358	0.233	0.352	0.886	0.349	0.320	1.587	1.042	0.831	0.577	0.239
Sample Variance	0.964	0.518	0.128	0.054	0.124	0.786	0.122	0.102	2.520	1.087	0.690	0.333	0.057
Kurtosis	0.514	0.795	0.757	-0.703	#DIV/0!	0.461	0.735	-1.192	-1.026	-1.137	-1.085	-1.365	4.423
Skewness	-0.104	0.556	1.052	0.282	-1.726	0.561	0.073	0.511	0.090	-0.169	0.450	0.701	2.071
Range	4.380	2.500	1.230	0.750	0.620	3.390	1.110	0.850	5.570	3.180	2.500	1.590	0.780
Minimum	0.490	0.590	0.300	0.300	0.650	0.400	0.390	0.200	1.570	1.080	0.150	0.470	0.360
Maximum	4.870	3.090	1.530	1.050	1.270	3.790	1.500	1.050	7.140	4.260	2.650	2.060	1.140
Sum	63.090	18.580	9.820	8.420	3.170	36.980	6.610	4.070	121.840	38.970	16.630	13.190	5.430
Count	24	12	13	13	3	21	7	7	29	15	12	12	10

Dari tabel 4 analisis bivariat diketahui bahwa penyebaran batubara pada setiap seam memiliki keberagaman. Mulai dari banyak data yang dihitung, rata-rata ketebalan, standar error dan lain-lain. Penyebaran ketebalan batubara setiap seam memiliki *skewness* yang berbeda, dengan kata lain jika parameter *skewness* positif maka arah penyebaran ketebalan batubara relative menyebar ke ketebalan yang lebih tipis.

Untuk data ketebalan batubara splitseam B23, diketahui sampel informasi yang terhitung berjumlah tiga data, dengan kata lain untuk dilakukan analisis variogram nantinya akan sulit. Sehingga data splitseam B23 digabungkan ke seam terdekat yaitu splitseam B22 . Berikut gambar Histogram ketebalan untuk setiap seam batubara .



Gambar 9. Histogram Ketebalan Setiap Lapisan Batubara

4.1.4 Analisis Statistik Spasial

Analisis statistik spasial merupakan hal yang harus dilakukan pada pengolahan data secara geostatistik. Analisis spasial yang digunakan yaitu analisis variogram untuk mengetahui tingkat variasi data. Untuk menghasilkan variogram model terlebih dahulu melakukan analisis terhadap variogram eksperimental yang didapatkan dari parameter variogram eksperimental. berikut parameter yang digunakan untuk memunculkan variogram eksperimental.

Tabel 2. Parameter Variogram Eksperimental B1

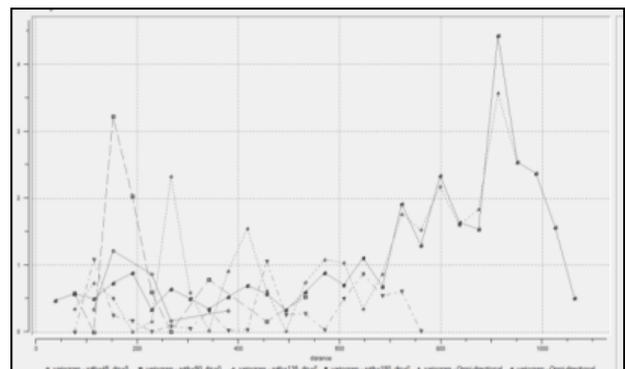
Parameter Variogram Eksperimental	
Number of Lag	36
Lag Separation	36
Lag Tolerance	18

Number of lag merupakan banyak pasangan data yang akan ditampilkan pada variogram eksperimental, lag separation merupakan jarak pemisah antar pasangan conto, dan lag tolerance merupakan jarak toleransi dari pemisah antar conto

Tabel 3. Arah Pencarian Data Variogram Eksperimental B1

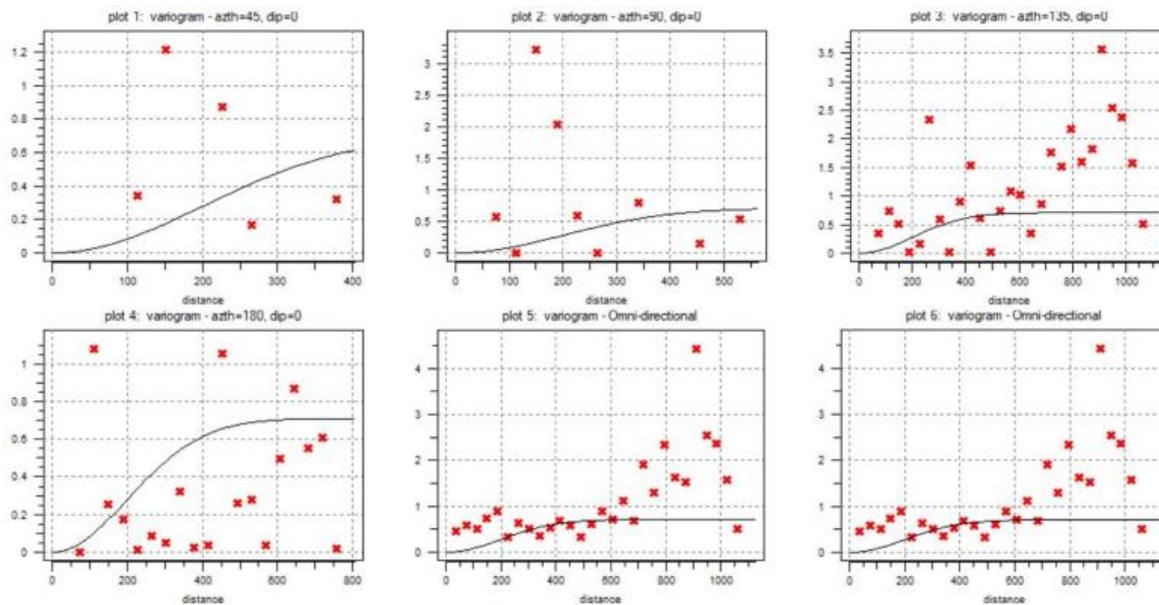
Arah Pencarian Data Variogram Eksperimental				
	Azimuth	Dip	Tolerance	Bandwith
Horizontal	45	0	22.5	72
	90	0	22.5	72
	135	0	22.5	72
	180	0	22.5	72
Vertikal	0	0	91	154
	0	90	91	154

Setelah dimasukan parameter tersebut, maka akan menghasilkan variogram eksperimental sebagai berikut:



Gambar 10. Variogram Eksperimental B1

Kemudian dilakukan proses fitting variogram, sehingga menghasilkan variogram model beserta parameteranya, yaitu nugget variance, sill dan jarak daerah pengaruh. Berikut proses fitting variogram untuk lapisan seam B1.



Gambar 11. Fitting Variogram Seam B1

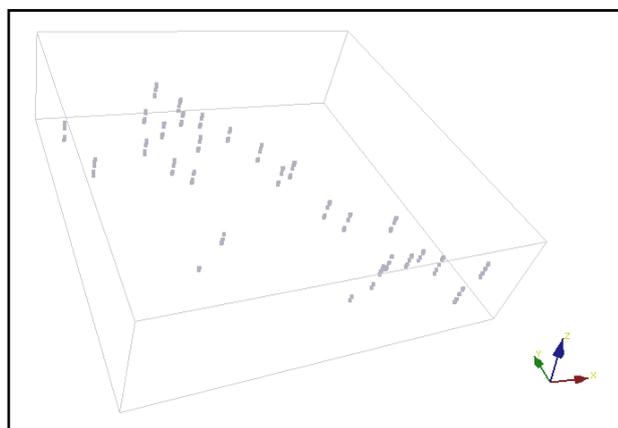
Proses analisis statistik spasial ini dilakukan untuk seluruh lapisan seam batubara. Berikut hasil dari parameter variogram model dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Parameter Variogram Model Seluruh Lapisan Seam Batubara

Parameter	B1	B2	B21	B22	B3	B31	B32	C1	C2	C21	C22	C23
Model	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Spherical	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Spherical	Eksponensial	Spherical	Spherical
Nugget Effect (Co)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sill (C)	0.71	0.24	0.13	0.04	1.02	0.06	0.017	2.9	0.89	0.85	0.4	0.0145
Total Sill (Co+C)	0.71	0.24	0.13	0.04	1.02	0.06	0.017	2.9	0.89	0.85	0.4	0.0145
Range (a)	490.96	389.88	317.68	808.64	404.32	433.2	693.12	519.84	433.2	387.54	216.6	592.04

4.1.5 Estimasi Ketebalan Batubara

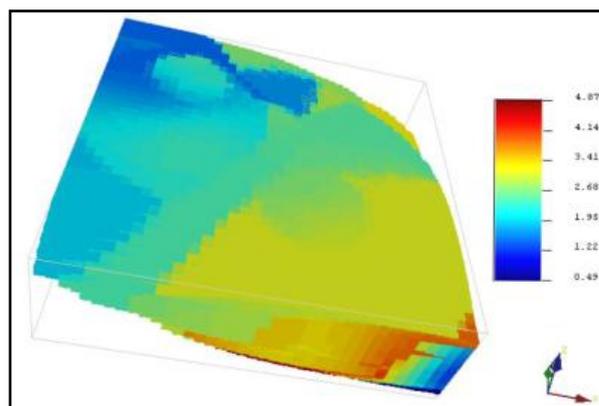
Estimasi ketebalan batubara menggunakan metode *Ordinary Kriging* memerlukan perangkat parameter variogram model. Estimasi ketebalan metode *Ordinary Kriging* dilakukan untuk masing-masing seam batubara menggunakan konsep blok model. Blok model yang digunakan memiliki dimensi (25 x 25 x 1) meter.



Gambar 12. Grid Blok Model

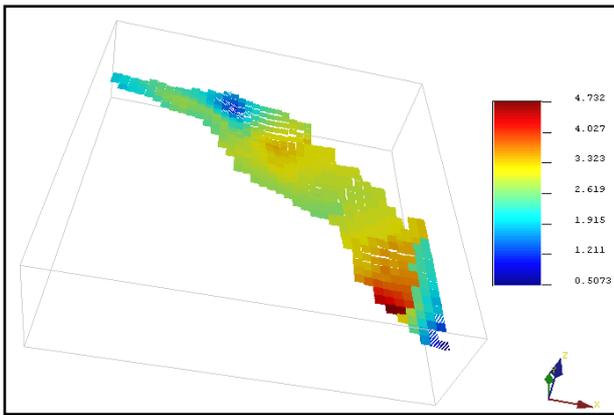
Jarak daerah pengaruh estimasi didasarkan pada kemampuan variogram model untuk mengestimasi. Daerah pengaruh dinyatakan dalam area *3D Search Ellipsoid* (R_{max} , R_{med} , dan R_{min}).

Estimasi tahap pertama menghasilkan bentuk estimasi blok model yang bersifat overestimated. Berikut merupakan hasil estimasi Seam B1 yang overestimated dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 13. Estimasi *Ordinary Kriging* Ketebalan Batubara Seam B1

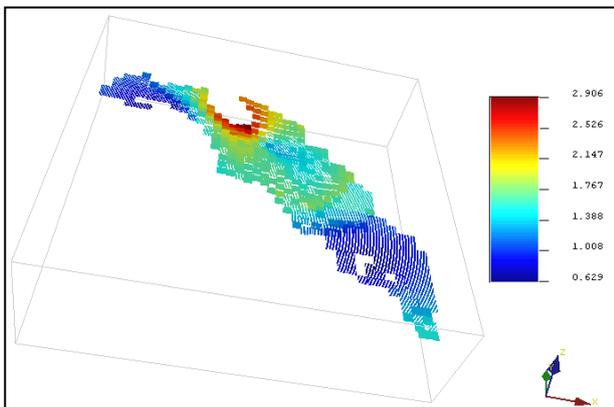
Selanjutnya untuk mendapatkan model batubara yang sesuai maka dilakukan koreksi terhadap topografi dan lapisan batubara seam B1. Untuk koreksi topografi dan lapisan digunakan bantuan *software Python Command Line* dan *Global Mapper* untuk mengeluarkan koordinat topografi dan koordinat blok. Setelah itu data dikoreksi dan diolah pada *software Microsoft Excel*. Kemudian data hasil koreksi kembali dimasukkan dalam *software SGeMS* untuk melihat sebaran hasil koreksi tersebut. Berikut hasil koreksi lapisan Seam B1 seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 14. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B1

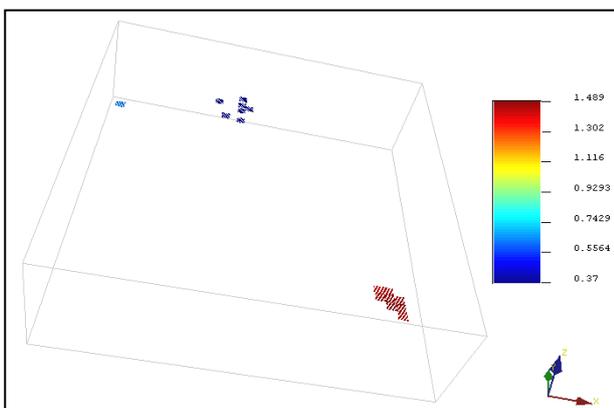
Lapisan batubara seam B1 memiliki interval ketebalan 0.5073 -4.732 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada pada sisi tenggara. Ketebalan dominan berada pada kisaran 3 meter.

Proses estimasi dan koreksi ini dilakukan untuk seluruh seam batubara. Berikut ditampilkan hasil dari model ketebalan batubara untuk setiap seam setelah dikoreksi :



Gambar 15. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B2

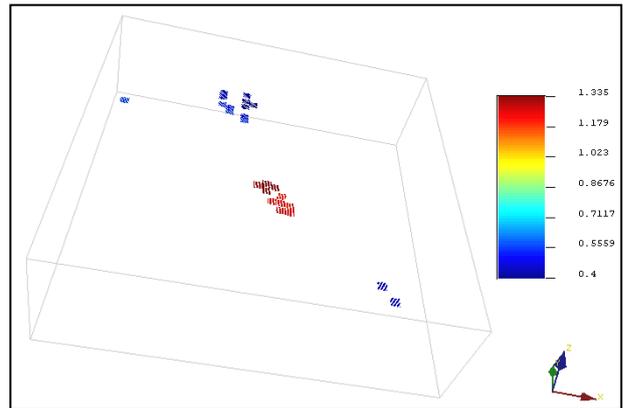
Lapisan batubara seam B2 memiliki interval ketebalan 0.629 -2.906 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada pada sisi tenggara. Ketebalan dominan berada pada kisaran 1 – 1.5 meter.



Gambar 16. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B21

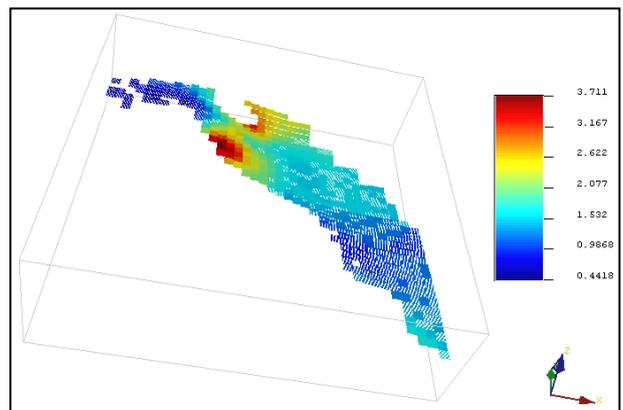
Lapisan batubara seam B21 memiliki interval ketebalan 0.37 -1.489 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada

pada sisi tenggara. Dari gambar diatas dapat dilihat pula bahwa penyebaran seam B21 terpisah karena merupakan seamsplit dari B2.



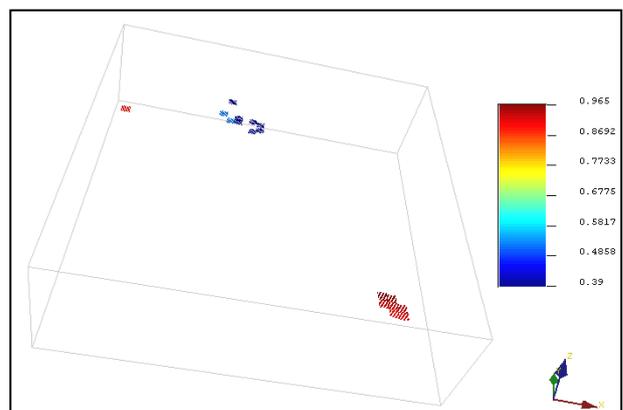
Gambar 17. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B22

Lapisan batubara seam B22 memiliki interval ketebalan 0.4 -1.335 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada pada sisi tengah pit. Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa sebaran batubara seam B22 terpisah dikarenakan seam B22 merupakan split seam dari B2.



Gambar 18. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B3

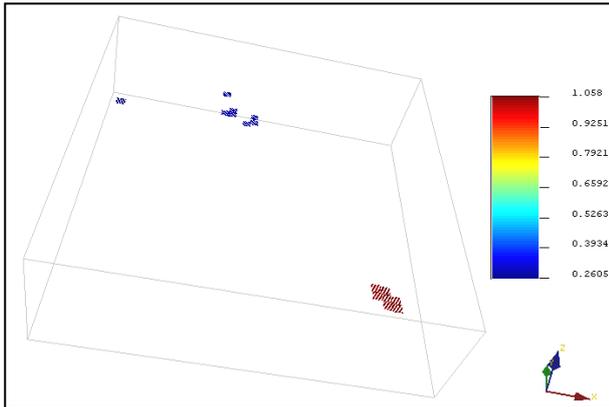
Lapisan batubara seam B3 memiliki interval ketebalan 0.4418 -3.711 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi tenggara dan ketebalan tertinggi berada pada sisi barat laut. Ketebalan dominan berada pada kisaran 1.5 meter.



Gambar 19. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B31

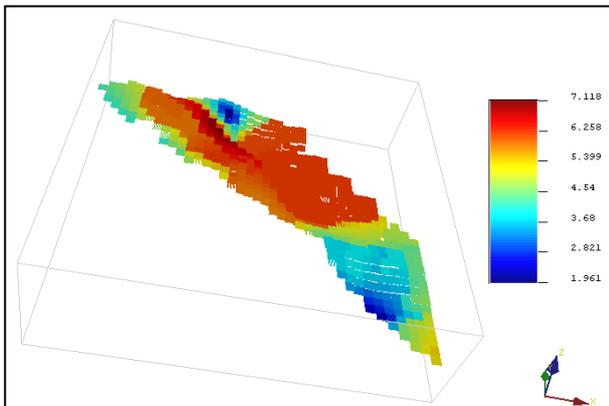
Lapisan batubara seam B31 memiliki interval ketebalan 0.39 -0.965 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada

pada sisi tenggara. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa seam B31 memiliki sebaran yang terpisah dikarenakan seam B31 merupakan split seam dari seam B3.



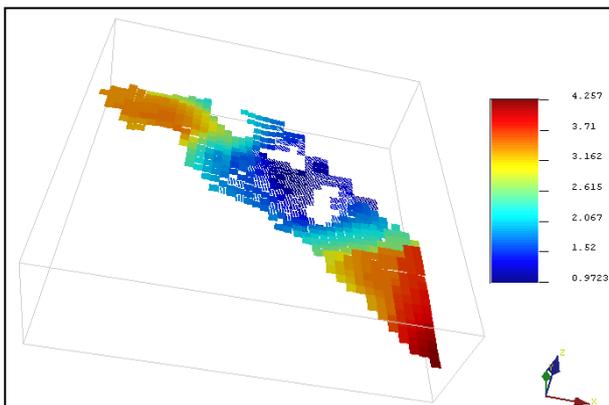
Gambar 20. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam B32

Lapisan batubara seam B32 memiliki interval ketebalan 0.2605 – 1.058 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada pada sisi tenggara. Ketebalan dominan berada pada kisaran 11 meter. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa seam B32 memiliki sebaran yang terpisah dikarenakan seam B32 merupakan split seam dari seam B3.



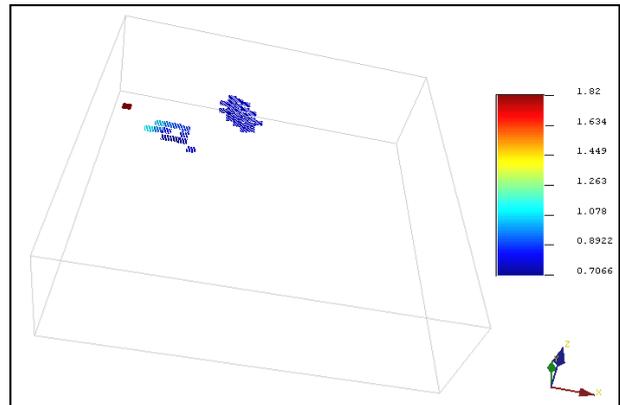
Gambar 21. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam C1

Lapisan batubara seam C1 memiliki interval ketebalan 1.961 -7.118 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada pada sisi tenggara. Ketebalan dominan berada pada kisaran 6 meter.



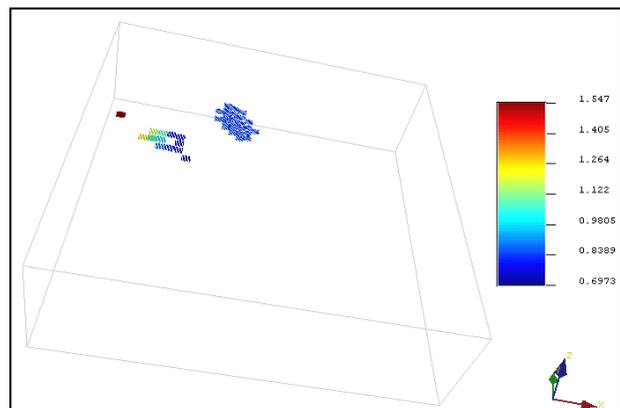
Gambar 22. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam C2

Lapisan batubara seam C2 memiliki interval ketebalan 0.9723 -4.257 meter dengan ketebalan terendah berada pada sisi barat laut dan ketebalan tertinggi berada pada sisi tenggara. Ketebalan seam C2 sangat bervariasi dan dominan berada pada kisaran 1.5 meter.



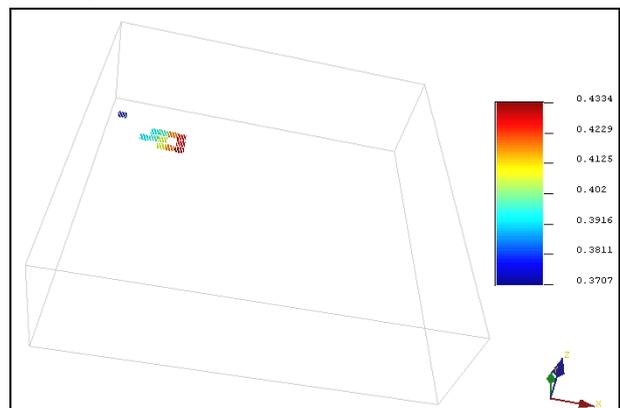
Gambar 23. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam C21

Lapisan batubara seam C21 memiliki interval ketebalan 0.7066 - 1.82 meter. Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa sebaran seam C21 hanya berada pada sisi barat laut.



Gambar 24. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam C22

Lapisan batubara seam C22 memiliki interval ketebalan 0.6973 – 1.547 meter. Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa sebaran seam C22 hanya berada pada sisi barat laut.



Gambar 25. Koreksi Model Ketebalan Batubara Seam C23

Lapisan batubara seam C23 memiliki interval ketebalan 0.3707 – 0.4334 meter. Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa sebaran seam C23 hanya berada pada sisi barat laut.

4.1.6 Volume Blok Model Batubara Estimasi *Ordinary Kriging*

Perhitungan volume blok model lapisan batubara metode *Ordinary Kriging* didasarkan pada jumlah blok yang terkoreksi. Berikut jumlah blok dan volume batubara untuk setiap seam batubara.

Tabel 5. Volume dan Tonase Batubara Estimasi *Ordinary Kriging*

Seam	Jumlah Blok	Dimensi Blok (m)			Volume (m ³)	Densitas (ton/m ³)	Mining Recovery (%)	Tonase (ton)
		X	Y	Z				
B1	1505	25	25	1	940,625	1.3	90	1,100,531
B2	707	25	25	1	441,875	1.3	90	516,994
B21	17	25	25	1	10,625	1.3	90	12,431
B22	25	25	25	1	15,625	1.3	90	18,281
B3	828	25	25	1	517,500	1.3	90	605,475
B31	18	25	25	1	11,250	1.3	90	13,163
B32	16	25	25	1	10,000	1.3	90	11,700
C1	3246	25	25	1	2,028,750	1.3	90	2,373,638
C2	1310	25	25	1	818,750	1.3	90	957,938
C21	40	25	25	1	25,000	1.3	90	29,250
C22	41	25	25	1	25,625	1.3	90	29,981
C23	13	25	25	1	8,125	1.3	90	9,506
Total Volume					4,853,750	Total Tonase		5,678,887.50

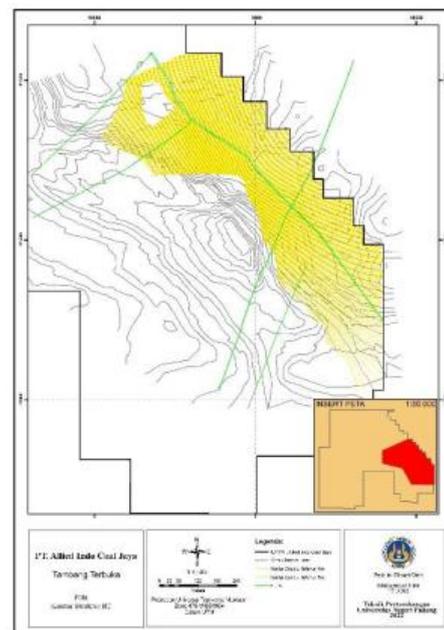
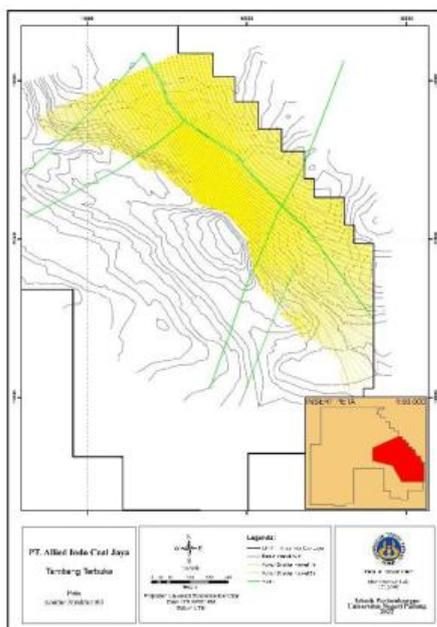
Berdasarkan tabel diatas diketahui seam batubara yang memiliki sumberdaya terbanyak adalah seam C1. Total perhitungan seluruh seam yaitu 4,853,750 m³ atau 5,678,887.5 ton.

4.1.7 Peta Kontur Struktur Batubara

Kontur struktur batubara menampilkan bentuk roof dan floor dari batubara pada setiap seam. Kontur struktur dibuat menggunakan data lithologi dan elevasi lantai batubara dari rekapitulasi lubang bor. Pada hasil permodelan kontur struktur menggunakan kontur minor 1 meter dan major 5 meter. Model dari kontur struktur ini adalah model yang akan digunakan untuk menghitung menggunakan metode *Polygon Area of Influence*. Berikut hasil permodelan kontur struktur pada setiap seam.

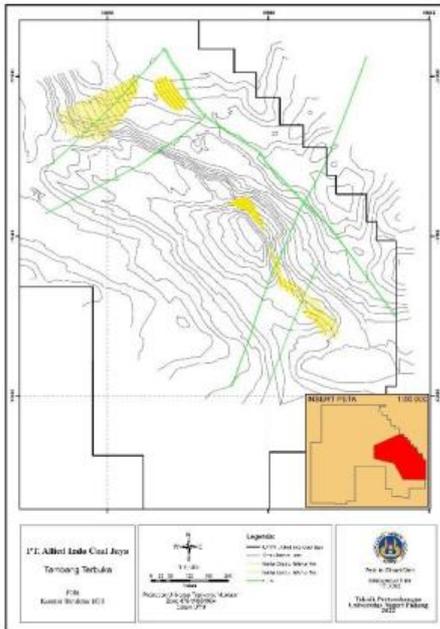
Gambar 26. Peta Kontur Struktur Seam B1

Permodelan kontur struktur batubara seam B1 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B1 ini merupakan batubara paling atas. Pada lapisan batubara seam B1, ketebalan batubara berada pada interval 0-4 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 2-3 meter.



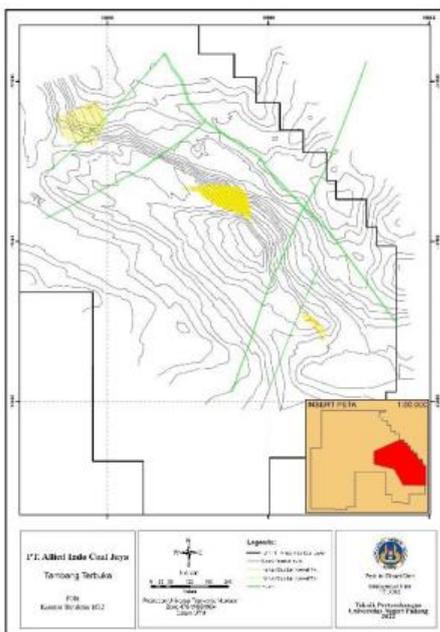
Gambar 27. Peta Kontur Struktur Seam B2

Permodelan kontur stuktur batubara seam B2 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara $N90^{\circ}-180^{\circ}/30-35^{\circ}$ dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B2 ini berada tepat dibawah seam B1 dengan tiga split seam yaitu B21, B22, B23. Pada lapisan batubara seam B2, ketebalan batubara berada pada interval 0-3 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 1-2 meter.



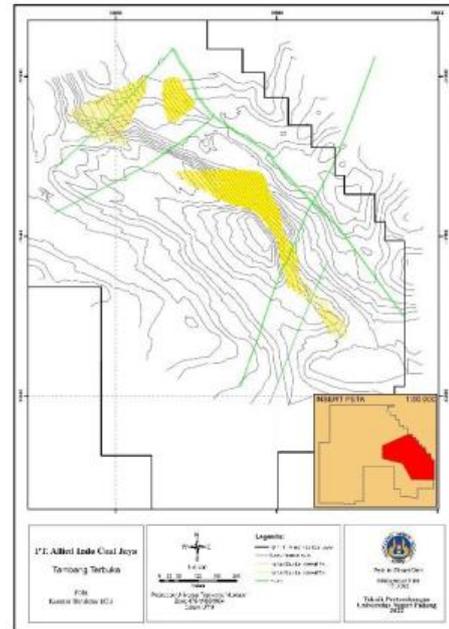
Gambar 28. Peta Kontur Struktur Seam B21

Permodelan kontur stuktur batubara seam B21 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara $N90^{\circ}-180^{\circ}/30-35^{\circ}$ dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B21 ini merupakan batubara split dari B2. Pada lapisan batubara seam B21, ketebalan batubara hampir seluruh berada pada interval 0-1 meter yang mana pada seam B21 ini ketebalan batubara sangat rendah.



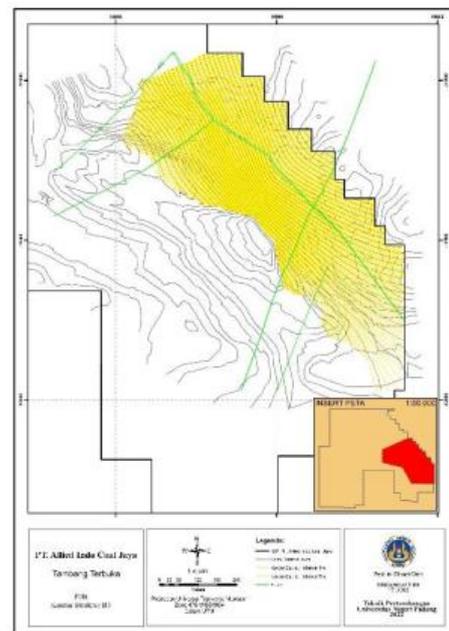
Gambar 29. Peta Kontur Struktur Seam B22

Permodelan kontur stuktur batubara seam B22 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara $N90^{\circ}-180^{\circ}/30-35^{\circ}$ dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B22 ini merupakan batubara split dari B2. Seam B22 berada pada interval ketebalan 0-1 meter yang mana pada seam B22 ini ketebalan batubara sangat rendah.



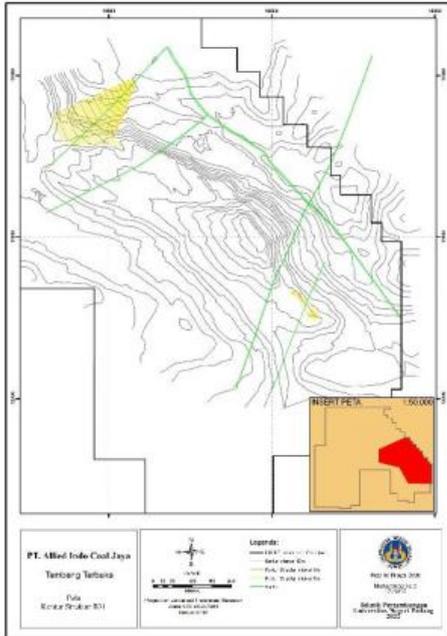
Gambar 30. Peta Kontur Struktur Seam B23

Permodelan kontur stuktur batubara seam B23 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara $N90^{\circ}-180^{\circ}/30-35^{\circ}$ dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B23 ini merupakan batubara split dari B2. Pada lapisan batubara seam B23, ketebalan batubara berada pada interval 0-2 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 1-2 meter.



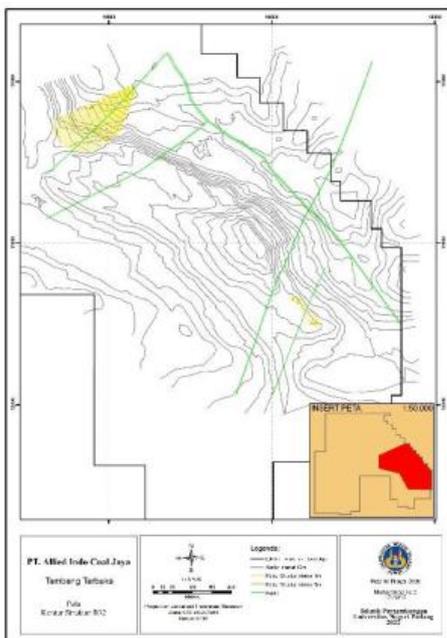
Gambar 31. Peta Kontur Struktur Seam B3

Permodelan kontur stuktur batubara seam B3 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B3 ini berada dibawah seam B2 dengan dua split seam yaitu B31, B32. Ketebalan berada pada interval 0-4 meter. Dimana ketebalan batubara sebagian besar berada pada interval 1-2 meter.



Gambar 32. Peta Kontur Struktur Seam B31

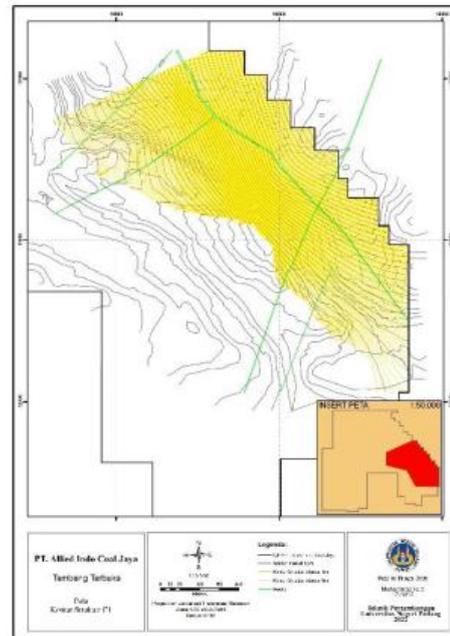
Permodelan kontur stuktur batubara seam B31 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B31 ini merupakan batubara split dari B3. ketebalan batubara berada pada interval 0-2 meter, sebagian besar berada pada interval 0-1 meter.



Gambar 33. Peta Kontur Struktur Seam B32

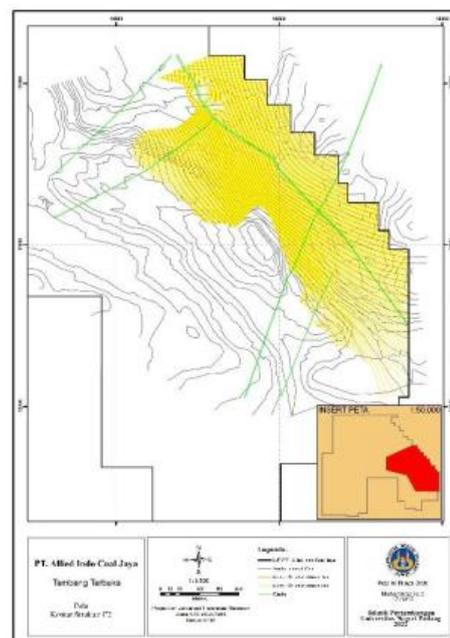
Permodelan kontur stuktur batubara seam B32 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-

180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam B32 ini merupakan batubara split dari B3. Pada lapisan batubara seam B32, ketebalan batubara hampir seluruh berada pada interval 0-1 meter yang mana pada seam B32 ini ketebalan batubara sangat rendah.



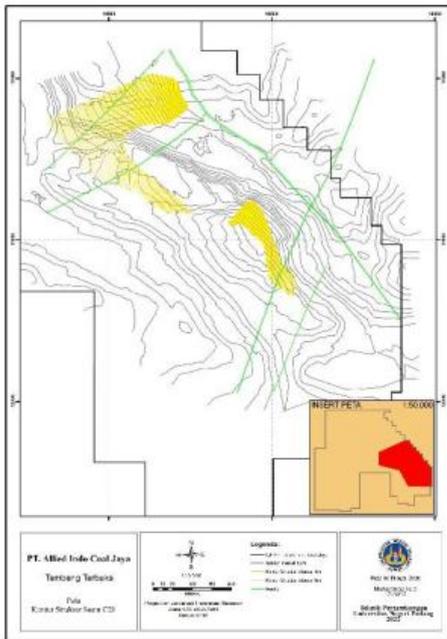
Gambar 34. Peta Kontur Struktur Seam C1

Permodelan kontur stuktur batubara seam C1 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam C1 ini tidak terdapat split seam, berada dibawah seam B3 . Pada lapisan batubara seam C1 terdapat ketebalan batubara yang tinggi yaitu pada interval 3-6 meter. Sebagian besar berada pada interval 5-6 meter. Ketebalan rendah hanya terdapat pada outcrop dikarenakan sebagian lapisan pada outcrop sudah di eksploitasi.



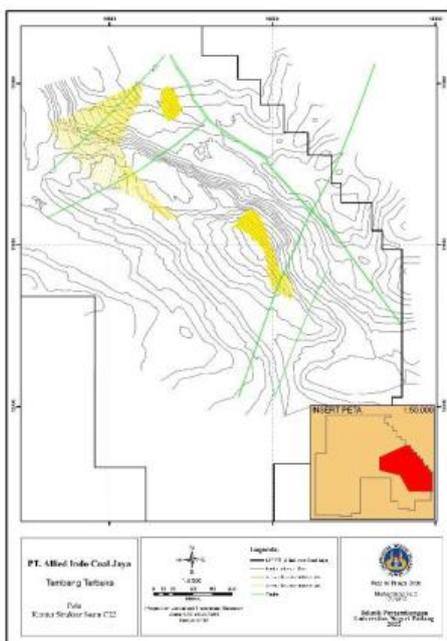
Gambar 35. Peta Kontur Struktur Seam C2

Permodelan kontur stuktur batubara seam C2 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Batubara seam C2 ini berada pada posisi paling bawah yaitu dibawah seam C1 dengan tiga split seam yaitu C21, C22, dan C23. Pada lapisan batubara seam C2, ketebalan batubara berada pada interval 0-5 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 1-2 meter.



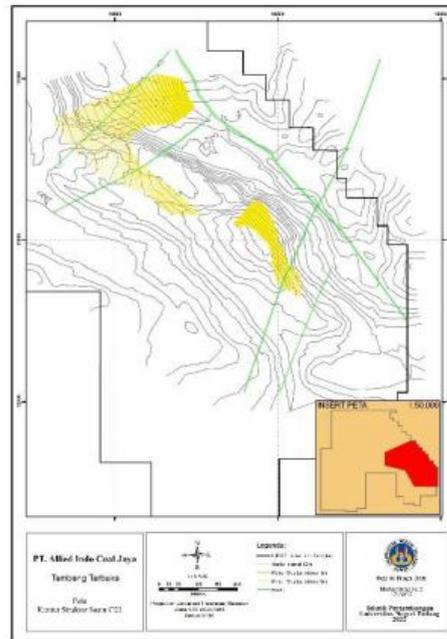
Gambar 36. Peta Kontur Struktur Seam C21

Permodelan kontur stuktur batubara seam C21 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Ketebalan batubara berada pada interval 0-3 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 1-2 meter.



Gambar 37. Peta Kontur Struktur Seam C22

Permodelan kontur stuktur batubara seam C22 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Ketebalan batubara berada pada interval 0-2 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 0-1 meter.

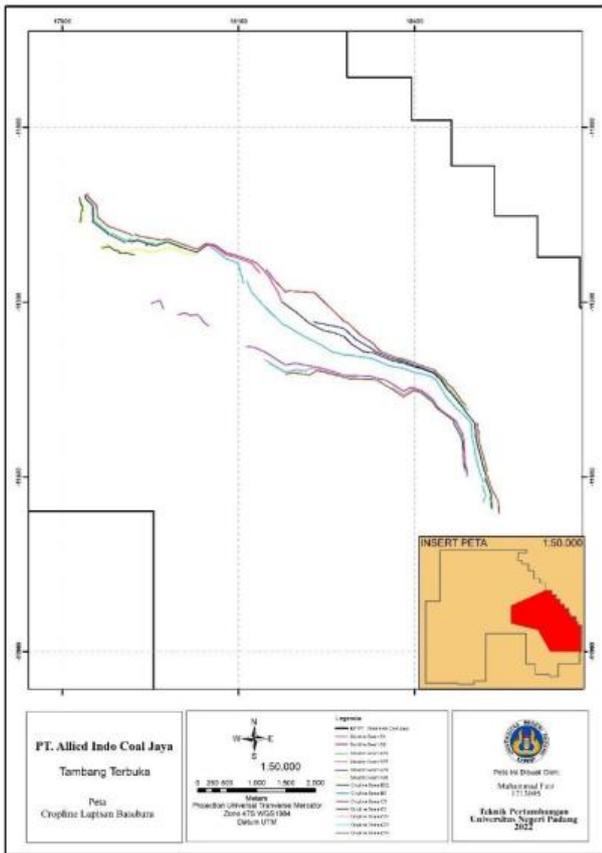


Gambar 38. Peta Kontur Struktur Seam C23

Permodelan kontur stuktur batubara seam C23 memiliki arah endapan menerus ke arah tenggara N90°-180°/30-35° dengan kondisi geologi beberapa patahan (*fault*). Ketebalan batubara berada pada interval 0-2 meter. Dimana ketebalan batubara paling banyak berada pada interval 0-1 meter.

4.1.9 Peta Cropline Batubara

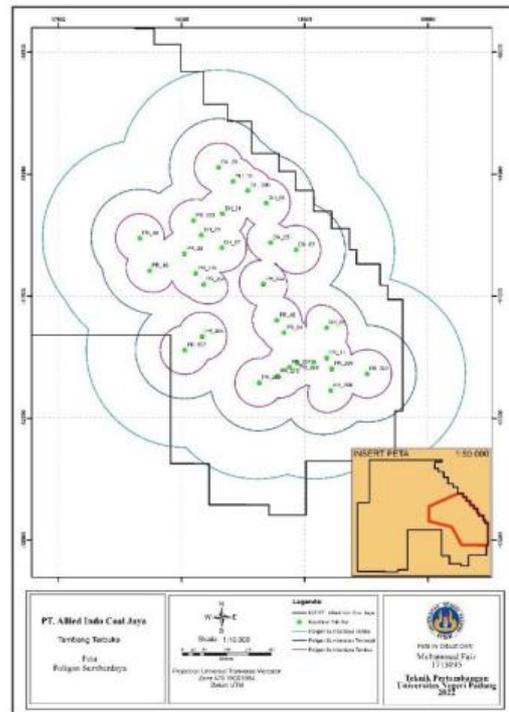
Peta Cropline berisikan garis yang mengindikasikan perpotongan seam batubara dengan permukaan topografi. Garis yang bersinggungan dengan topografi merupakan floor dari seam batubara. Dapat dilihat cropline batubara pada gambar 35.



Gambar 39. Peta Cropline Batubara

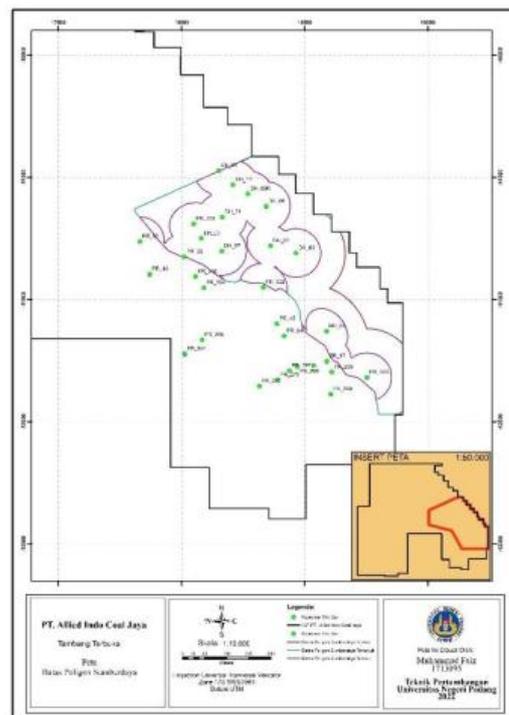
4.1.10 Volume Lapisan Batubara Estimasi Polygon

Perhitungan metode *Polygon* menggunakan SNI 2019, dimana daerah pengaruh sumberdaya pada penelitian ini menggunakan skala pada kondisi geologi kompleks, yang mana untuk sumberdaya tereka memiliki rentang 400 meter, sumberdaya tertunjuk pada rentang 200 meter, dan sumberdaya terukur pada 100 meter.



Gambar 40. Peta Polygon Sumberdaya

Selanjutnya cakupan daerah pengaruh di dipotong sesuai dengan batas IUP. Juga dikarenakan sebagian daerah sudah dilakukan eksploitasi, maka harus disesuaikan dengan daerah yang belum tertambang.



Gambar 41. Peta Batas Polygon Sumberdaya

Pada report perhitungan sumberdaya dengan metode *Polygon* didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel 6. Dapat dilihat bahwa sumberdaya paling banyak berada pada seam C1 dan diikuti oleh B1, C2 dan B3.

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Tonase Batubara Metode *Polygon*

SEAM	TEREKA	TERTUNJUK	TERUKUR	TOTAL
B1	93,815.08	343,828.32	550,907.54	988,550.93
B2	93,657.30	214,667.52	258,073.26	566,398.08
B21	0.00	11,464.16	14,303.81	25,767.97
B22	0.00	4,505.37	3,606.20	8,111.57
B23	0.00	27,225.81	65,397.57	92,623.38
B3	91,500.45	244,457.50	383,626.26	719,584.21
B31	0.00	21,703.33	9,906.53	31,609.86
B32	0.00	12,977.97	5,367.66	18,345.63
C1	340,418.50	1,013,858.64	1,515,024.98	2,869,302.11
C2	157,211.89	337,695.36	411,546.75	906,454.00
C21	0.00	64,996.54	128,075.21	193,071.75
C22	0.00	28,483.06	26,063.99	54,547.05
C23	0.00	28,327.98	34,647.58	62,975.56

Estimasi sumberdaya metode *Polygon* memperoleh 6,537,342 ton dengan jumlah tanah penutup sebanyak 61,855,932 m3 dengan rincian sebagai berikut:

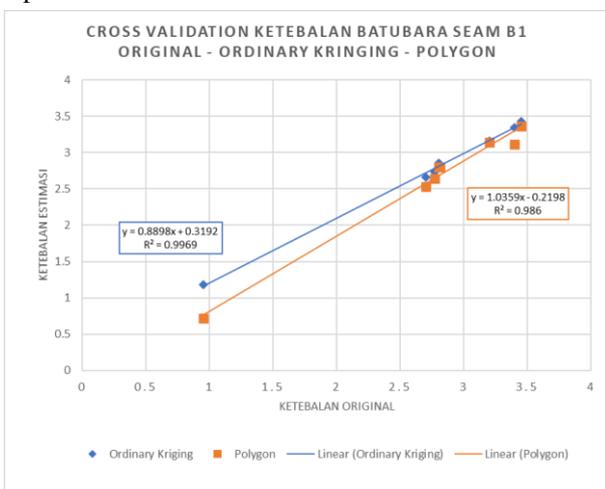
Tabel 7. Perbandingan Volume Burden dan Tonase Batubara

POLIGON	COAL	OVERBURDEN
TEREKA	776,603	11,225,793
TERTUNJUK	2,354,192	24,879,232
TERUKUR	3,406,547	25,750,907
TOTAL	6,537,342	61,855,932
SR	9.46	

4.2 Pembahasan

4.2.1 Perbandingan Model Lapisan Batubara

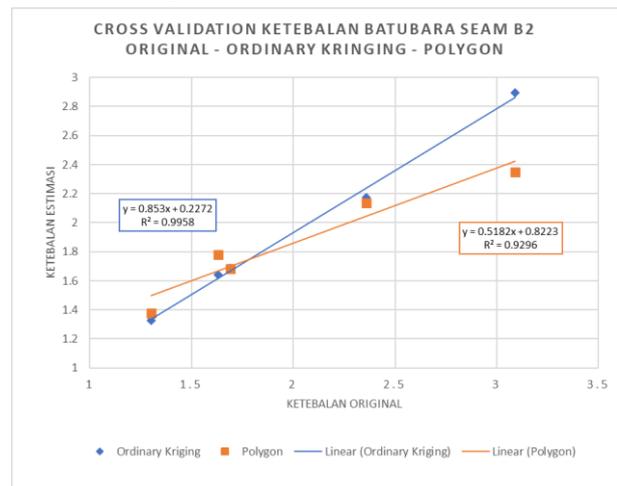
Untuk membandingkan model batubara, dapat dilakukan dengan melihat perbandingan perbandingan grafik korelasi antara ketebalan, dan elevasi roof antara posisi original dengan model metode *Polygon* dan *Ordinary Kriging*. Untuk membandingkan kedua metode terlebih dahulu mengetahui nilai ketebalan dan nilai elevasi pada masing-masing model. Berikut perbandingan ketebalan lapisan:



Gambar 42. Cross Validation Ketebalan Batubara Seam B1

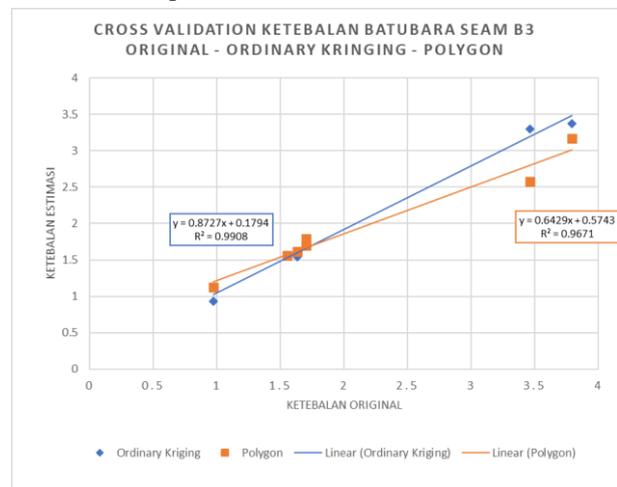
Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa estimasi *Ordinary Kriging* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada metode *Polygon*, dengan nilai 0.9969. Artinya dalam kasus ini permodelan

dengan *Ordinary Kriging* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam B1.



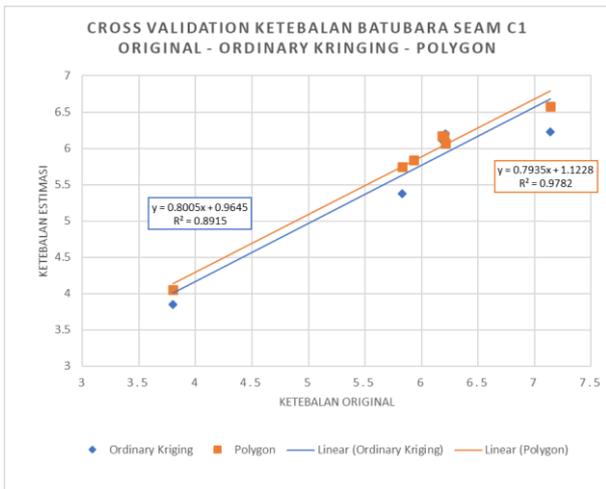
Gambar 43. Cross Validation Ketebalan Batubara Seam B2

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa estimasi *Ordinary Kriging* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada metode *Polygon*, dengan nilai 0.9958. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Ordinary Kriging* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam B2.



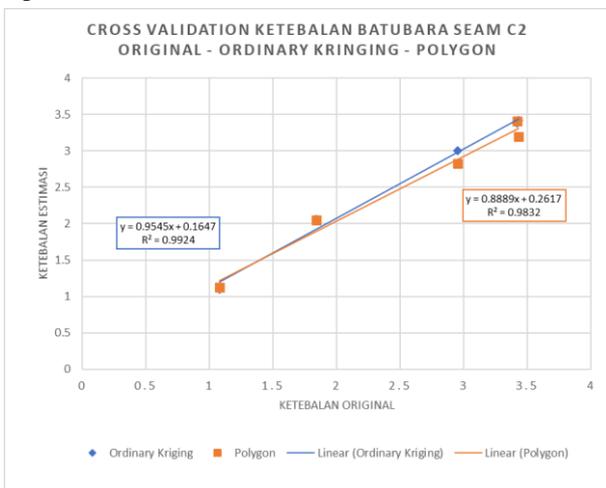
Gambar 44. Cross Validation Ketebalan Batubara Seam B3

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa estimasi *Ordinary Kriging* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada metode *Polygon*, dengan nilai 0.9908. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Ordinary Kriging* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam B3.



Gambar 45. Cross Validation Ketebalan Batubara Seam C1

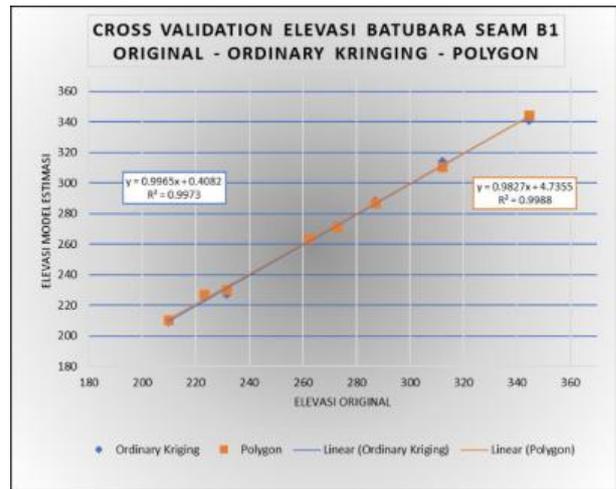
Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa estimasi *Ordinary Kriging* memiliki koefisien determinasi yang lebih rendah dari pada metode *Polygon*, dengan nilai 0.8915. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Polygon* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam C1.



Gambar 46. Cross Validation Ketebalan Batubara Seam C2

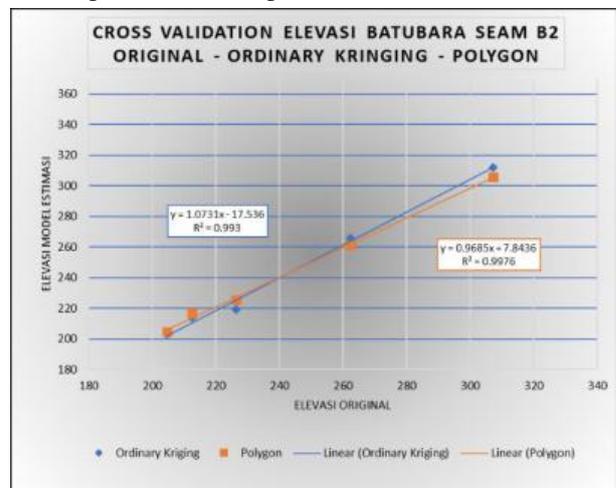
Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa estimasi *Ordinary Kriging* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada metode *Polygon*, dengan nilai 0.9924. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Ordinary Kriging* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam C2.

Setelah selesai membandingkan nilai ketebalan, perbandingan model juga dapat dilakukan validasi melalui elevasi roof dari masing-masing seam batubara. Berikut cross validasi elevasi roof batubara original dan model yang dipakai untuk estimasi *Ordinary Kriging* dan *Polygon*.



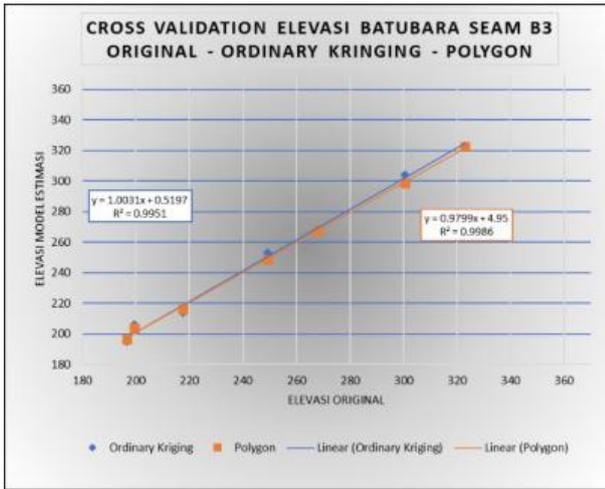
Gambar 47. Cross Validation Elevasi Batubara Seam B1

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa elevasi model *Polygon* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada model untuk perhitungan *Ordinary Kriging*, dengan nilai 0.9988. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Polygon* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam B1.



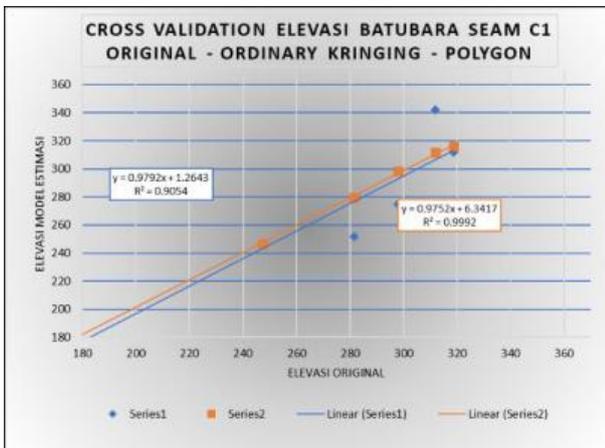
Gambar 48. Cross Validation Elevasi Batubara Seam B1

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa elevasi model *Polygon* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada model untuk perhitungan *Ordinary Kriging*, dengan nilai 0.9976. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Polygon* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam B2.



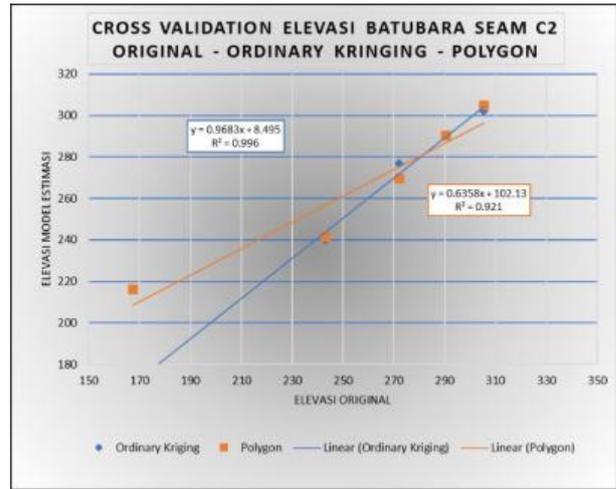
Gambar 49. Cross Validation Elevasi Batubara Seam B3

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa elevasi model *Polygon* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada model untuk perhitungan *Ordinary Kriging*, dengan nilai 0.9986. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Polygon* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam B3.



Gambar 50. Cross Validation Elevasi Batubara Seam C1

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa elevasi model *Polygon* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada model untuk perhitungan *Ordinary Kriging*, dengan nilai 0.9992. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Polygon* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam C1.



Gambar 51. Cross Validation Elevasi Batubara Seam C2

Dari grafik korelasi linear diatas dapat dilihat bahwa elevasi model *Ordinary Kriging* memiliki koefisien determinasi yang lebih tinggi dari pada model untuk perhitungan *Polygon*, dengan nilai 0.996. Artinya dalam kasus ini permodelan dengan *Polygon* lebih representatif terhadap keadaan asli lapisan seam C2.

4.2.2 Perbandingan Tonase Lapisan Batubara

Kedua metode ini menggunakan parameter perhitungan yang sama yaitu pada densitas batubara dengan nilai 1.3 ton/m3 dan nilai mining recovery sebesar 90%. Berikut perbandingan hasil perhitungan sumberdaya menggunakan metode *Ordinary Kriging* dengan metode *Polygon*:

Tabel 8. Perbandingan Tonase Batubara Metode *Ordinary Kriging* dan *Polygon*

SEAM	ORDINARY KRIGING	POLIGON
B1	1,100,531	988,551
B2	516,994	566,398
B21	12,431	25,768
B22	18,281	8,112
B23	92,623	92,623
B3	605,475	719,584
B31	13,163	31,610
B32	11,700	18,346
C1	2,373,638	2,869,302
C2	957,938	906,454
C21	29,250	193,072
C22	29,981	54,547
C23	9,506	62,976
TOTAL	5,678,888	6,537,342

Pada perhitungan metode *Ordinary Kriging* didapatkan jumlah sumberdaya yang berbeda dengan mdetode *Polygon*. Hasil dari kedua metode sama-sama menghasilkan estimasi terbanyak berada pada seam C1. Selisih jumlah perhitungan dari kedua metode ini adalah sebesar 858,454 ton atau 15.11% dari estimasi terkecil.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan interpretasi data eksplorasi pemboran PT Allied Indo Coal Jaya pada Pit Timur tambang terbuka, terdapat dua seam induk batubara, yaitu seam B dan C. Sementara itu pada seam B memiliki split seam yaitu B1, B2, dan B3. Pada seam C juga memiliki split seam yaitu C1 dan C2. Dimana pada split seam tersebut juga memiliki cabang seam yang lebih kecil. Hasil interpretasi tersebut kemudian disusun menjadi sebuah basis data ketebalan berdasarkan nilai ketebalan masing-masing seam batubara tersebut.
2. Keadaan topografi pada PT Allied Indo Coal Jaya pada Pit Timur tambang terbuka memiliki rentang ketinggian antara 244 – 454 mdpl dengan luasan area sekitar 30 hektar. Secara umum sudah terganggu akibat sudah dilakukanya eksploitasi.
3. Berdasarkan parameter-parameter analisis statistik univariat, dapat disimpulkan secara umum ketebalan batubara menyebar ke arah nilai ketebalan yang rendah.
4. Berdasarkan analisis spasial yang digunakan yaitu menggunakan variogram, secara umum ketebalan batubara memiliki tingkat variasi yang tidak terlalu tinggi.
5. Model sebaran batubara pada blok model yang memiliki dimensi (25x25x1) meter secara umum memiliki bentuk penyebaran yang relatif menghampar.
6. Hasil estimasi sumberdaya batubara menggunakan metode *Ordinary Kriging* memperoleh total perhitungan seluruh seam yaitu 4,936,875 m³ atau 5,776,143 ton.
7. Model sebaran untuk perhitungan sumberdaya batubara dimodelkan dalam bentuk kontur struktur dengan kontur minor 1 meter dan major 5 meter. Permodelan relatif menghampar dengan arah endapan menerus dari barat laut ke tenggara dengan dip berkisar antara 30-35 derajat.
8. Hasil estimasi sumberdaya batubara menggunakan metode *Polygon (Area of Influence)* memperoleh total perhitungan seluruh seam yaitu 6,537,342 ton.
9. Dari hasil perbandingan permodelan penyebaran batubara pada metode *Ordinary Kriging* dengan *Polygon* relatif sama, yang menginterpretasikan bahwa penyebaran batubara tersebar secara datar/menghampar. Berdasarkan Cross Validation model, secara umum didapatkan bahwa permodelan *Ordinary Kriging* lebih representatif terhadap keadaan original batubara pada Pit Timur tambang terbuka PT Allied Indo Coal Jaya.
10. Perbandingan estimasi sumberdaya dari kedua metode ini menginterpretasikan bahwa hasil estimasi

Ordinary Kriging lebih representatif terhadap nilai ketebalan original. Dan selisih dari estimasi metode *Ordinary Kriging* dan *Polygon* adalah sebesar 13.17 % dari estimasi sumberdaya terkecil.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan diantaranya:

1. Analisis statistik spasial akan lebih baik jika jarak antar data teratur. Maka disarankan agar pemboran selanjutnya mempertimbangkan jarak antar spasi lubang.
2. Perhitungan lapisan batubara yang memiliki banyak lapisan split seam memiliki perhitungan yang lebih kompleks, sehingga dibutuhkan ketelitian dan kecermatan dalam pengolahan data.

References

- [1] Ott H. L. 1987. The Kutai Basin – A Unique Structural History, Proceeding of the Indonesian Petroleum Association, 16 Thb Annual Convencion, Jakarta, Indonesia.
- [2] Badan Standar Nasional Indonesia SNI. 2019. Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara. SNI 5015 BSN. Jakarta.
- [3] Dzaka Ali Saiful Husna, 2020. Permodelan dan Perhitungan Cadangan Batubara Menggunakan Metode Kriging dan *Polygon* Berdasarkan Data Well Log Pada Daerah Penelitian Distrik Isim, Manokwari Selatan, Papua Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*.
- [4] Elbasiouny, H., Abowaly, M., Abu-Alkheir, A., & Gad, A. A. (2014). Spatial variation of soil carbon and nitrogen pools by using *Ordinary Kriging* method in an area of north Nile Delta, Egypt. *Catena*, 113, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.008>
- [5] Jang, C. S., Chen, S. K., & Cheng, Y. T. (2016). Spatial estimation of the thickness of low permeability topsoil materials by using a combined ordinary-indicator kriging approach with multiple thresholds. *Engineering Geology*, 207, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.04.008>
- [6] Reza Taufiqurrahman, Dedi Yulhendra, S.T., M.T., Adree Octova S.Si, MT., 2015. Perbandingan Estimasi Sumberdaya Batubara dengan Menggunakan Metoda *Ordinary Kriging* dan Metoda Cross Section di PT NAN Riang Jambi. *Jurnal Bina Tambang*.
- [7] SME Inc, 2011. *SME Mining Engineering Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc: United States of America.
- [8] Tavares, M. T., Sousa, A. J., & Abreu, M. M. (2008). *Ordinary Kriging* and indicator kriging in the cartography of trace elements contamination in São Domingos mining site (Alentejo, Portugal). *Journal of Geochemical Exploration*, 98(1–2), 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2007.10.002>
- [9] Yulhendra, D., Padang, U. N., Anaperta, Y. M., & Padang, U. N. (2015). Estimasi Sumberdaya Batubara Dengan Menggunakan. November.

- [10] Zhu, Q., & Lin, H. S. (2010). Comparing *Ordinary Kriging* and regression kriging for soil properties in contrasting landscapes. *Pedosphere*, 20(5), 594–606. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(10\)60049-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60049-5)