

Estimasi Cadangan Batubara PT. Pancaran Surya Abadi, Kecamatan Muara Badak-Anggana, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur

Andres Melbaral^{1,*}, Dedi Yulhendra¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*amelbaral@gmail.com

Abstract. PT. Pancaran Surya Abadi is a private company engaged in coal mining, this company performs coal mining using the open pit mining method. Based on the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 1827 K of 2018, concerning Guidelines for the Implementation of Good Mining Rules, states that every mining company is required to report a plan for managing the remaining reserves in its territory as part of conservation, and with the increase in coal prices, the company plans to expand the mining area in the northern PIT with a PIT limit from SR 1:4 to SR 1:5 by conducting PIT design and coal reserve estimation. From the PIT design, the calculation results of the area that will be used as a potential PIT is approximately 50 Ha. Calculation of reserves at PT. Pancaran Surya Abadi uses a comparison of the Conventional method (Triangle) with the Geostatistical method (Ordinary Kriging). From the results of the estimated reserves, the coal in PT. Radiant Surya Abadi if calculated using the Triangle Method, the total reserve value is 3,719,204.50 tons, while if it is calculated using the Ordinary Kriging Method, the total reserve value is 4,079,375.50. The conclusion of this research is that the calculation method that is considered correct is the Ordinary Kriging Method because it tends to produce block estimates that are more evenly distributed or less varied than the actual levels.

Keywords: Coal, Kriging, PIT, Reserve, Triangle

1. Pendahuluan

Cadangan batubara adalah istilah yang lebih ketat yang menggambarkan bagian dari sumber daya batubara yang dapat ditambang secara ekonomis, pada saat ini, mengingat lingkungan, hukum, dan kendala teknologi (Wood et al., 1983). Dengan demikian dapat diketahui bahwa parameter cadangan batubara suatu daerah dapat memenuhi syarat atau tidak untuk ditambang, yaitu dimensi, kualitas dan kuantitas lapisan batubara.

Perencanaan open pit saat ini membutuhkan perhitungan cadangan yang akurat, karena hasil perhitungan cadangan menentukan hasil perencanaan operasi penambangan. Untuk merencanakan operasi penambangan, perlu menghitung cadangan penambangan menggunakan perhitungan dan pemodelan komputer.

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara di Indonesia adalah PT. Pancaran Surya Abadi yang berlokasi di Kecamatan Muara Badak - Anggana, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. PT. Pancaran Surya Abadi melakukan penambangan dengan metode tambang terbuka. PT. Pancaran Surya Abadi telah mendapatkan

wilayah penyelidikan batubara dengan luas wilayah penyelidikan 991 Ha.

Pada tahun 2009 PT. Pancaran Surya Abadi melakukan pemboran eksplorasi untuk mengetahui data geologi bawah permukaannya. Dimana terdapatnya 10 *seam* diantaranya *seam* A, A1, A2, B, C, D, D1, D2, E, dan F. dan sebelum melakukan aktivitas penambangan dikarenakan adanya pengkajian mengenai kelayakan ekonomi dalam penambangan batubara di PT. Pancaran surya abadi, perusahaan menetapkan untuk produksi batubara di awal masa eksploitasi Stripping ratio yang ditetapkan untuk mencapai nilai keekonomisan yaitu membuat PIT limit di SR 1:4.

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K tahun 2018, mengenai pedoman pelaksanaan kaidah penambangan yang baik, dimana tercantum bahwa setiap perusahaan untuk bagian dari konservasi perusahaan tambang harus melaporkan rencana pengelolaan sisa cadangan yang ada di wilayahnya.

Permasalahan yang terdapat di PT. Pancaran Surya Abadi adalah belum pernah dilakukannya evaluasi terhadap nilai sisa cadangan pada perusahaan tersebut. Maka dari itu, perlu dilakukan perhitungan cadangan. Dikarenakan harga batubara acuan mengalami kenaikan pada tahun 2022 maka

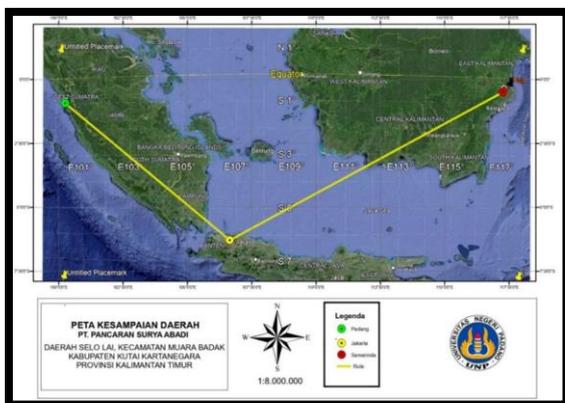
penambangan batubara dengan melakukan cleaning overburden dengan SR 1:4 bisa dimaksimalkan dengan menambah nilai stripping ratio menjadi 1:5 dan bisa dikatakan ekonomis dikarenakan kenaikan harga batubara. Hal inilah yang akan menjadi pertimbangan dan evaluasi pada proses penambangan PT. Pancaran Surya Abadi kedepannya untuk lebih memaksimalkan penambangan batubara dengan kuantitas yang lebih besar dengan tidak mengurangi nilai keekonomisan dari penambangan itu sendiri dan secara teknis menambahkan batas desain PIT dari SR 1:4 ke SR 1:5 karena mempertimbangkan batubara yang saat ini mengalami kenaikan harga.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “Estimasi Cadangan Batubara PT. Pancaran Surya Abadi, Kecamatan Muara Badak - Anggana, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur”.

2. Lokasi Penelitian

2.1. Lokasi Kesampaian Daerah

Lokasi daerah penyelidikan ditempuh kurang lebih 37 kilometer kearah barat dari kota Samarinda. Sedangkan untuk mencapai lokasi daerah Penyelidikan dapat ditempuh melalui dua jalur alternatif dengan menggunakan Kendaraan roda empat. Alternatif pertama melalui jalur kota Samarinda ke Anggana Selama 60 menit selanjutnya menuju lokasi penyelidikan selama 60 menit dan alternatif Kedua yaitu melalui jalur kota Samarinda ke Muara Badak selama kurang lebih 90 menit



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT. PSA

2.2. Kondisi Geologi dan Endapan

2.2.1. Geologi Regional

Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. PSA terdapat di Cekungan Kutai, litologi hampir semua formasi (satuan batuan) serupa dan mengandung batupasir, lanau, lempung dan batubara. Untuk membedakan formasi

satu dengan lainnya harus memperhatikan kombinasi kelompok batuan, tingkat kepadatan dan kandungan fosil. Struktur geologi yang terbentuk di Cekungan Kutai berupa struktur lipatan dan patahan .

2.2.2. Formasi Batuan

Menurut laporan ekspolrasi PT. PSA (2008) terdapat dua jenis formasi batuan yang terdapat pada daerah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Pancaran Surya Abadi, yaitu Formasi Kampung Baru (Tpkb) dan Formasi Balikpapan (Tmbp).1

1) Formasi Kampung Baru (Tpkb)

Batupasir kuarsa dengan endapan serpih. Bubur dan lignit, yang biasanya lunak, mudah hancur. Batupasir Batugamping, konglomerat atau oksida besi lokal tipis putih, tuf atau lanau dan konglomerat atau konglomerat berselingan dengan kuarsa, kalsedon, serpih merah dan lempung, berdiameter 0,5-1 cm, mudah dihilangkan. Tanah liat abu-abu hitam dengan sisa-sisa tumbuhan, serpihan batu bara, koral, lanau, kemiringan bersisik abu-abu tua. Lignit, tebal 1-2 m, diperkirakan berumur Miosen Akhir-Pliosen, lingkungan pengendapan delta laut dangkal, tebal lebih dari 500 m. Formasi ini sejajar dengan Formasi Balikpapan dan tidak selaras secara lokal .

2) Formasi Balikpapan

Batupasir dan tanah liat bergantian dengan lapisan lanau, serpih, batugamping dan batubara. Batupasir Quarasas, berwarna putih kekuningan, tebal 1-3 m, diselingi batu bara, tebal 5-10 cm. Batupasir berkapuran coklat, struktur sedimennya terdiri dari lapisan bertumpuk dan bersilangan, tebal lapisan 20-40 cm, mengandung Foram Inifera kecil, dengan lapisan tipis batubara di antaranya. Tanah liat, sisa-sisa tanaman yang mengandung hitam-abu-abu lokal, retakan lokal diisi dengan lensa batu kapur yang mengandung oksida besi. Lumpur kapur, lapisan tipis, serpihan kecoklatan, serpihan tipis. Batugamping berpasir yang mengandung foraminifera besar dan moluska mengindikasikan Miosen Akhir hingga Tengah, Atas. Lingkungan pengendapan "Delta Plain-Delta Plateau", tebal 1000-1500 m. .

3. Kajian Teori

3.1. Batubara

Batubara dikenal sebagai “emas” hitam. Masyarakat mengenalnya sebagai batu hitam yang bisa terbakar. Hal itu tidak salah karena tampilan di lapangan menunjukkan perbedaan yang kontras antara batubara dan batuan sekitarnya. (Irwandi Arif. 2014).

Unsur-unsur utama dalam pembentukan batubara terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara ini terbentuk dari endapan sisa tumbuhan dan fosil pada iklim purba sekitar khatulistiwa yang mirip dengan kondisi kini. Beberapa diantaranya tergolong kubah gambut yang terbentuk di atas muka air tanah

rata-rata pada iklim basah sepanjang tahun. Dengan kata lain, kubah gambut ini terbentuk pada kondisi dimana mineral-mineral anorganik yang terbawa air dapat masuk ke dalam sistem dan membentuk lapisan batubara yang berkadar abu dan sulfur rendah dan menebal secara lokal.

3.2. Sumberdaya dan Cadangan

3.2.1. Sumberdaya

Bagian dari sumberdaya batubara dalam bentuk dan jumlah tertentu dan dengan prospek yang wajar yang memungkinkan untuk ditambang secara ekonomis. Lokasi, kuantitas, karakteristik geologis dan kontinuitas lapisan batubara diketahui, diperkirakan atau diinterpretasikan berdasarkan bukti geologis tertentu. Cadangan karbon diklasifikasikan ke dalam kategori Tereka, Terbukti, dan Terukur berdasarkan keyakinan geologis

3.2.2. Cadangan

Cadangan batubara adalah bagian cadangan batubara terbukti dan/atau terukur yang dapat ditambang secara ekonomis. Dalam mengevaluasi cadangan batubara, penelitian yang memadai harus dilakukan pada tingkat minimum pra-eksplorasi, dengan mempertimbangkan semua faktor perubahan yang relevan termasuk teknik penambangan, pengolahan, sarana dan prasarana, ekonomi, pemasaran, hukum, lingkungan dan peraturan sosial. Penelitian harus dapat menunjukkan bahwa sumber daya batubara secara teknis dapat diperoleh kembali dan layak secara ekonomi. Berdasarkan tingkat kepercayaannya, cadangan batubara dibagi menjadi cadangan terduga dan cadangan terbukti. Probable assets memiliki tingkat kepercayaan yang lebih rendah dibandingkan dengan proven assets (SNI 5015: 2019).

3.3. Pemodelan Geologi

Pemodelan geologi adalah proses pembuatan model geologi, dilakukan secara manual atau dengan perangkat lunak, dengan memasukkan data yang direpresentasikan secara visual terkait dengan topografi, struktur, kuantitas dan kualitas batubara, dan tekanan permukaan. (SNI 5015: 2019).

3.4. Tipe Endapan Batubara

Tipe endapan batubara dikelompokkan dari proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, kenampakan ini dapat dibagi menjadi tiga kelompok, ketiga tingkat kompleksitas geologi ini dapat terjadi pada lokasi tertentu. Uraian mengenai batasan dari kelompok tersebut beserta tipe lokalitasnya adalah sebagai berikut:

- Kelompok Geologi Sederhana
- Kelompok Geologi Moderat
- Kelompok Geologi Kompleks

3.5. Tambang Terbuka

Tambang terbuka merupakan metode yang umum digunakan dalam penambangan batubara di Indonesia. Metode ini memiliki berbagai kelebihan, diantaranya waktu persiapan yang pendek, target produksi yang bisa besar, penggunaan alat bisa disesuaikan dengan target produksi, control terhadap operasi penambangan jadi lebih mudah dan keselamatan kerja lebih terjamin. Desain tambang terbuka harus dibuat secara cermat agar cadangan batubara dapat ditambang secara optimal. (Irwandi Arif, 2014).

3.6. Stripping Ratio

Secara umum, stripping ratio (SR) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah volume tanah penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan satu ton batubara, yaitu dengan menghitung nilai perbandingan jumlah volume tanah penutup dengan bahan galian yang akan di tambang dengan lebar blok tertentu searah jurus perlapisan batubara dan lebar tertentu ke arah dipping dengan menggunakan interval elevasi kontur struktur batubara.

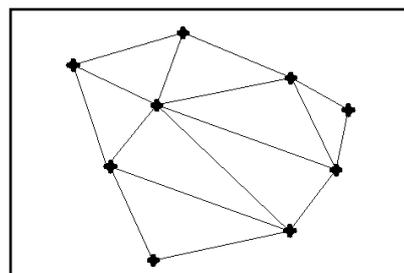
3.7. PIT Limit

Batas penambangan (PIT limit) ini ditentukan untuk memprediksi potensi area tambang yang nantinya akan dikembangkan sebagai lokasi PIT tambang. Mengetahui batas PIT, optimalisasi cadangan batubara dapat dilakukan pada area terbatas yaitu area yang dapat diprioritaskan sebagai nilai ekonomi. (Hustrulid & Kuchta, 2006).

3.8. Dasar Perhitungan Cadangan

3.8.1. Metode Triangle

Pada metode perhitungan cadangan triangles pada umumnya digunakan pada tipe endapan dengan pola pengeboran yang acak. Adapun metode perhitungannya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Metode *Triangles*

Pada cara ini setiap blok dibentuk oleh 3(tiga) titik bor terdekat sedemikian hingga secara tiga dimensi blok

tersebut berbentuk prisma terpancung dengan sisi prisma adalah kedalaman ketiga titik bor tersebut.

3.8.2. Metode Ordinary Kriging

Metode ordinary kriging (OK) adalah suatu metode pendugaan suatu perubahan acak pada suatu titik (lokasi) tertentu dengan mengamati data yang serupa pada lokasi lain yang rata-ratanya diasumsikan tetap namun belum diketahui nilainya. Jadi, metode estimasi menggunakan metode ordinary kriging ini didapatkan dari nilai sampel atau data yang telah diketahui nilainya sebagai kombinasi linier untuk memperkirakan titik-titik di sekitar area tempat data (lokasi).

ordinary kriging merupakan bagian dari metode kriging interpolasi, dimana metode kriging ini memperhitungkan korelasi spasial dari data dan mengestimasi titik-titik yang tidak dijadikan sampel atau yang nilainya tidak diketahui berdasarkan data yang diambil sampelnya di sekitarnya.

Penerapan metode kriging berlangsung dalam dua langkah yaitu pada langkah pertama menghitung nilai variogram atau semi variogram dan fungsi kovarians. Pada langkah kedua, tempat-tempat yang tidak termasuk dalam sampel dievaluasi.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Lubang Bor Batubara

Data Lubang Bor batubara merupakan data yang berguna untuk permodelan batubara. Pada penelitian ini menggunakan 2 bagian lubang bor, yaitu:

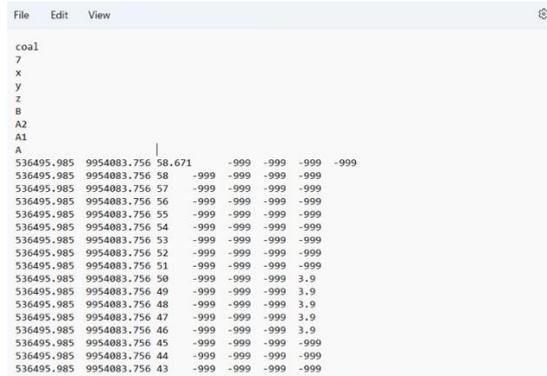
a. Data *survey*

Data Survey data berisi informasi mengenai posisi lubang bor. informasi Drillhole berupa *hole ID*, koordinat lubang bor, dan *depth* (kedalaman lubang bor).

b. Data *litology*

Data *litology* berisi informasi mengenai ketebalan untuk interval tertentu pada setiap lubang bor. Informasi data ketebalan berupa litologi, interval lapisan dan ketebalan batubara

Pada data yang digunakan untuk estimasi menggunakan metode ordinary kriging data ini diolah menjadi dataset dalam format txt. Berikut merupakan format yang akan diimport kedalam aplikasi SGeMS seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Data Ketebalan Batubara SGeMS

4.2. Analisis Statistik Univarian Rekapitulasi Data Lubang Bor

Hasil analisis statistik univariat adalah nilai parameter univariat untuk setiap ketebalan lapisan batubara. Parameter dapat diinterpretasikan sesuai dengan distribusi data ketebalan lapisan batubara batubara.

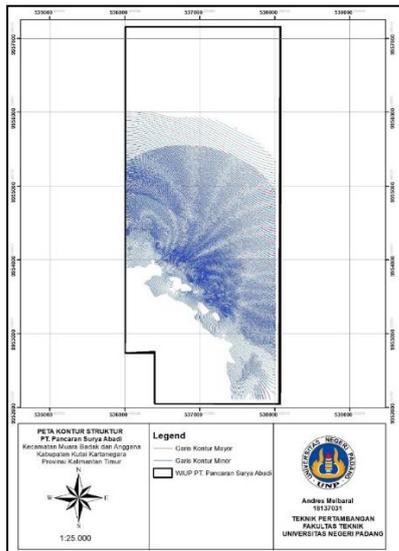
Tabel 1. Parameter Analisis Statistik Univariat Ketebalan Batubara

| Parameter Univariat | Seam A | Seam A1 | Seam A2 | Seam B |
|---------------------|--------|---------|---------|--------|
| Banyak Data | 12 | 12 | 19 | 52 |
| Jumlah Data | 43.81 | 18.26 | 30.83 | 290.75 |
| Mean | 3.65 | 1.51 | 1.62 | 5.675 |
| Median | 4.15 | 1.425 | 1.52 | 5.65 |
| Modus | - | - | 1.80 | 6.10 |
| Minimum | 1.20 | 1.09 | 1.05 | 2.3 |
| Maximum | 5.33 | 2.3 | 2.40 | 8.50 |
| Range | 4.13 | 1.21 | 1.35 | 6.2 |
| Standar Deviasi | 1.32 | 0.4 | 0.35 | 1.28 |
| Varians | 1.73 | 0.15 | 0.12 | 1.66 |
| Skewness | -1.00 | 1.11 | 0.77 | -0.35 |

Hasil analisis statistik univarian pada tabel 6 didapatkan nilai *standar deviasi* (STD) ketebalan pada *Seam A* dan *seam B* mempunyai nilai cukup tinggi. Berdasarkan analisis statistik, kemungkinan adanya kesalahan data, tetapi untuk kasus ini pada titik informasi tertentu adanya titik dimana batubara yang didapatkan berada pada subcrop atau dalam artian untuk titik informasi lubang tersebut lebih tipis dibandingkan rata-rata ketebalan batubara tersebut karena batubara kearah subcrop cenderung menipis karena batubara tersebut dibatasi oleh *zona weathering*.

4.3. Pemodelan Endapan Batubara

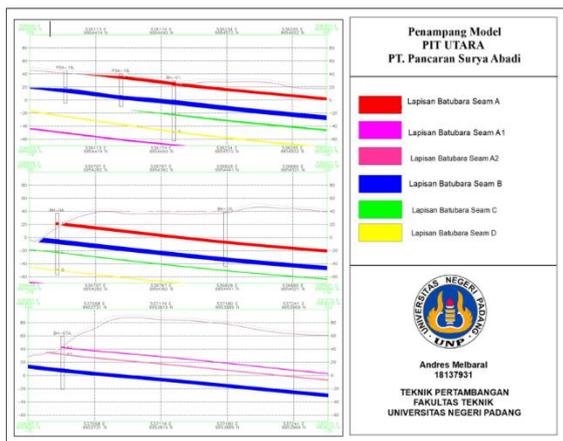
4.3.1. Kontur Struktur



Gambar 4. Kontur Struktur Keseluruhan seam

Berdasarkan hasil dari peta kontur struktur terlihat batubara cenderung menerus kerarah Barat daya – tenggara dengan arah down dip ke arah timur laut

4.3.2. Penampang Model



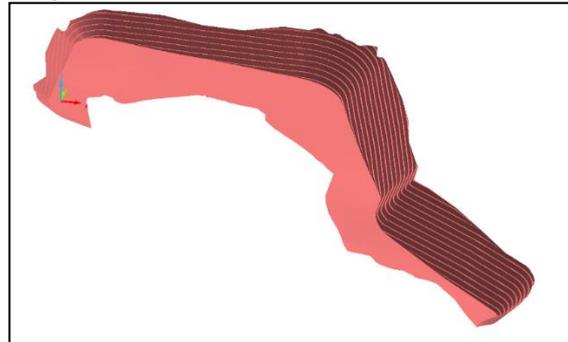
Gambar 5. Penampang Model

Berdasarkan penampang model dari beberapa Seam tersebut Seam B merupakan Seam dominan dari Seam yang lainnya, untuk kemiringan dari batubara yang ditampilkan pada penampang cukup landai dan terlihat pada penampang, Seam C dan Seam D berada jauh dari permukaan dan terlihat tidak terlalu tebal yang artinya untuk Seam C dan Seam D dapat dikatakan tidak layak tambang.

4.4. PIT Potensial

Berdasarkan parameter dari pembuatan desain PIT dan batas ekonomis yang telah ditentukan hasil dari desa

in PIT yang didapatkan untuk elevasi tertinggi berada di elevasi 80 dengan luas kurang lebih 50 Ha seperti pada gambar



Gambar 6. Desain PIT

4.5. Perhitungan Sumberdaya dan Cadangan Batubara

Perhitungan sumberdaya yang dihitung merupakan sumberdaya terukur. Untuk jarak daerah pengaruhnya mengacu pada klasifikasi BSN, 2019 dimana untuk daerah penelitian merupakan daerah dengan kondisi geologi moderat dengan radius 250 m. Pada sumberdaya terukur dengan area yang didapatkan 81.7 Ha dengan tonase batubara sebesar 9,485,603.68 ton

Tabel 2. Hasil Perhitungan Cadangan

| Seam | Volume | Densitas | Mining Recovery | Tonase (ton) |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| A | 663,641.05 | 1.30 | 0.95 | 819,596.70 |
| A1 | 143,218.40 | 1.30 | 0.95 | 176,874.72 |
| A2 | 181,712.16 | 1.30 | 0.95 | 224,414.52 |
| B | 1,872,308.72 | 1.30 | 0.95 | 2,312,301.27 |
| Total Volum | 2,769,752.21 | Total Tonase | | 3,533,187.21 |

4.6. Analisis Statistik Spasial

Analisis statistik spasial perlu dilakukan dalam pengolahan data geostatistik. Dari hasil analisis spasial yang digunakan adalah analisis variogram untuk dapat menentukan tingkat variasi data. Untuk membuat variogram eksperimental dapat dilakukan dengan memasukan parameter dari variogram eksperimental yang terdapat pada tabel 3

Tabel 3. Parameter Variogram Eksperimental

| Parameter Variogram | |
|---------------------|----|
| Eksperimental | |
| Number Of Lag | 22 |
| Lag Separation | 60 |
| Lag Tolerance | 30 |

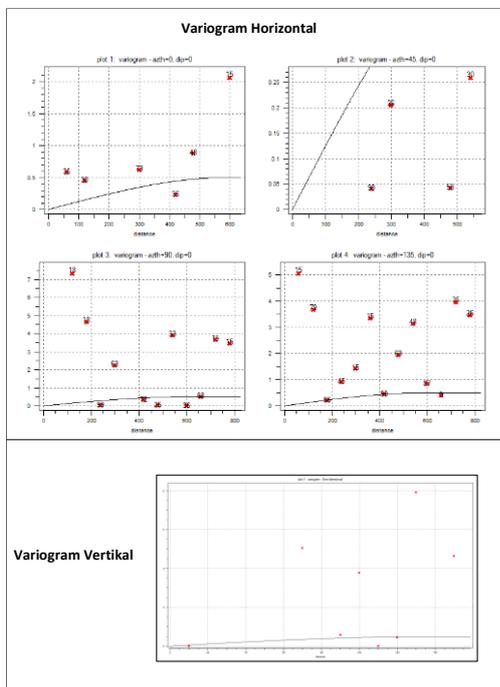
Untuk arah pencarian data variogram eksperimental dapat dilihat pada **tabel 4**.

Tabel 4. Arah Pencarian Data Variogram Eksperimental

| Arahan Pencarian Data Variogram Eksperimental | | | | |
|---|---------|-----|-----------|----------|
| | Azimuth | Dip | Tolerance | Bandwith |
| Horizontal | 45 | 0 | 22.5 | 120 |
| | 90 | 0 | 22.5 | 120 |
| | 135 | 0 | 22.5 | 120 |
| | 0 | 0 | 22.5 | 120 |
| Vertikal | 0 | 90 | 91 | 240 |

Setelah ditentukan parameter eksperimental, Kemudian dilakukan proses *Fitting Variogram* untuk mendapatkan parameter dari variogram itu sendiri dan bentuk dari *variogram model*.

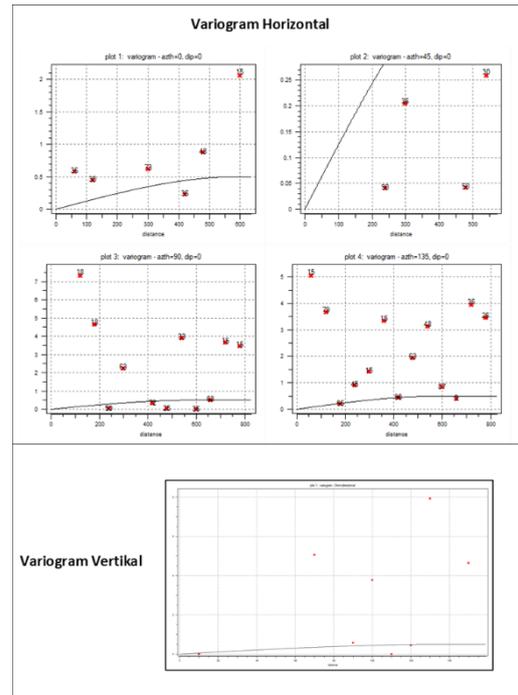
4.5.1 . Lapisan Batubara *seam A*



Gambar 7. *Fitting Variogram Ketebalan Seam A*

Pada parameter yang dihasilkan dimana dari masing-masing variogram horizontal dan vertikal didapatkan range yaitu 594 m untuk variogram horizontal dan 140 m untuk variogram vertikal.

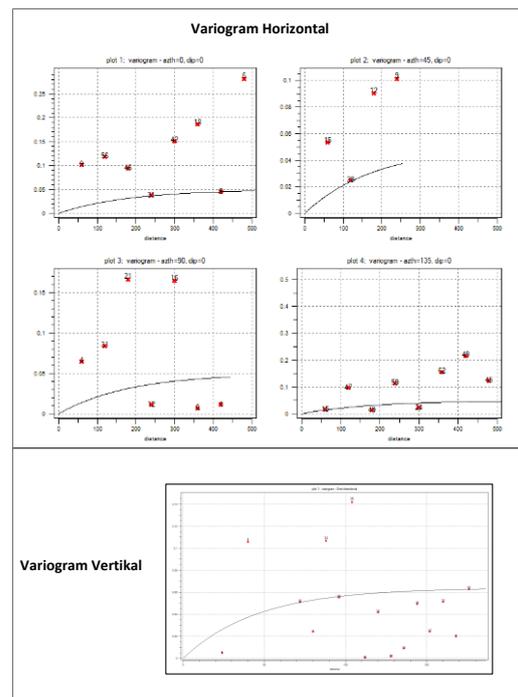
4.5.2. Lapisan Batubara *Seam A1*



Gambar 8. *Fitting Variogram Ketebalan Seam A1*

Pada parameter yang dihasilkan dimana dari masing-masing variogram horizontal dan vertikal didapatkan range yaitu 594 m untuk variogram horizontal dan 192 m untuk variogram vertikal.

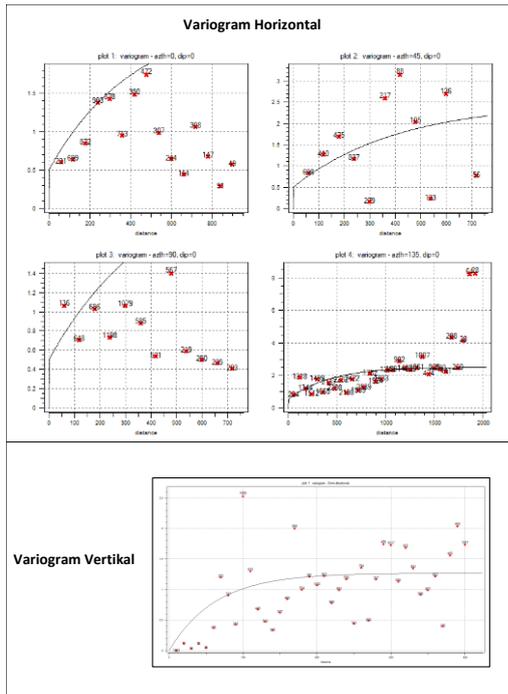
4.5.3. Lapisan Batubara *Seam A2*



Gambar 9. *Fitting Variogram Ketebalan Seam A*

Pada parameter yang dihasilkan dimana dari masing-masing variogram horizontal dan vertikal didapatkan range yaitu 550 m untuk variogram horizontal dan 138 m untuk variogram vertikal.

4.5.4. Lapisan Batubara Seam B

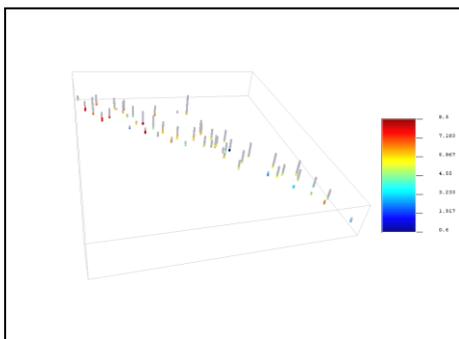


Gambar 10. Fitting Variogram Ketebalan Seam B

Pada parameter yang dihasilkan dimana dari masing-masing variogram horizontal dan vertikal didapatkan range yaitu 1255 m untuk variogram horizontal dan 188 m untuk variogram vertikal.

4.7. Estimasi Ketebalan

Estimasi ketebalan batubara menggunakan metode *Ordinary Kriging* memerlukan nilai dari parameter yang didapatkan dari *Fitting variogram* seperti total *sill* dan *range* . untuk masing-masing *Seam* batubara menggunakan konsep blok model. Blok model yang digunakan memiliki dimensi (30 x 30 x 1) meter. Blok model untuk estimasi dibatasi oleh sebuah *grid* yang mana didalam *grid* tersebut harus merangkup semua titik informasi ketebalan batubara.

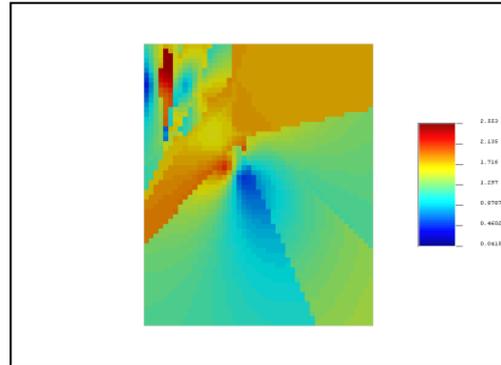


Gambar 11. Grid Block model

4.7.1 Estimasi Ketebalan Seam A

a. Estimasi *Ordinary Kriging* Batubara Seam A

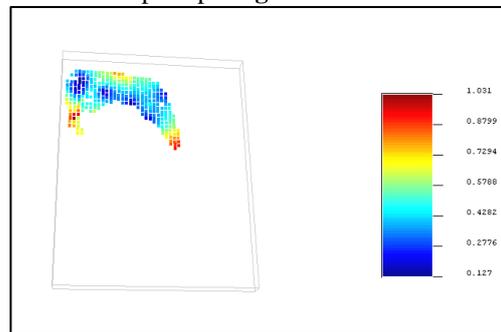
Pada tahap pertama ini dihasilkan blok model yang sudah diestimasi. akan tetapi blok model yang diestimasi tersebut masih bersifat *overestimated*.



Gambar 12. Model Ketebalan Batubara Seam A sebelum koreksi

b. *Relatif Error*

Berdasarkan hasil estimasi didapatkan *relatif error* untuk *Seam A* seperti pada **gambar 13**.

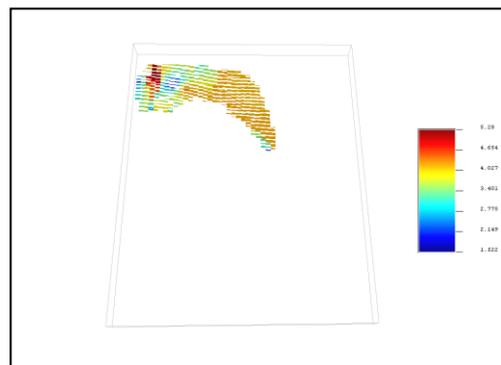


Gambar 13. Varians Error Seam A

Dari *relatif error* terlihat area yang berwarna biru mempunyai nilai yang lebih kecil atau nilai dengan *error* 0.127 – 0.514 dan area yang berwarna kuning hingga merah mempunyai nilai yang tinggi dengan nilai *relatif error* 0.6 - 1.

c. Koreksi Lapisan Batubara Seam A

Koreksi terhadap topografi, lapisan batubara dan desain pit dilakukan untuk mendapatkan model batubara yang sesuai menggunakan *microsoft excel*



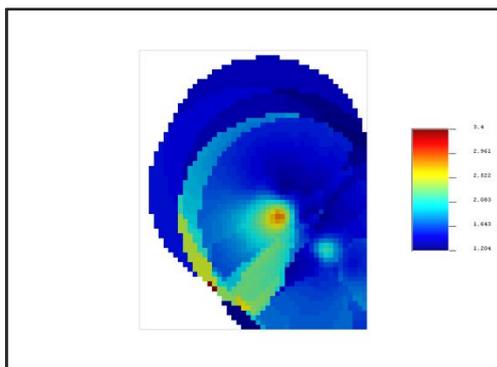
Gambar 14. Koreksi Model Ketebalan Batubara *Seam* A

Hasil dari koreksi tersebut menampilkan ketebalan batubara pada *Seam* A memiliki ketebalan 1.52 - 5.28 meter dengan ketebalan dominan berada pada kisaran 4 meter.

4.6.2. Estimasi Ketebalan *Seam* A1

a. Estimasi *Ordinary Kriging* Batubara *Seam* A1

Pada tahap pertama ini dihasilkan blok model yang sudah diestimasi. akan tetapi blok model yang diestimasi tersebut masih bersifat *overestimated*.

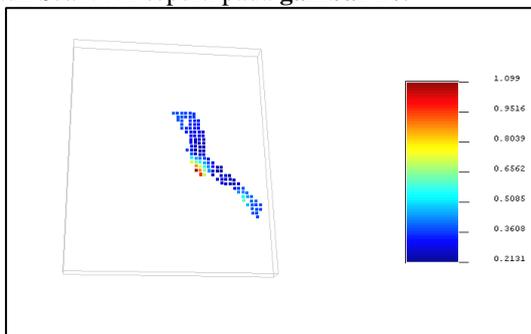


Gambar 15. Model Ketebalan Batubara *Seam* A1 sebelum koreksi

Dari gambar estimasi *Ordinary Kriging Seam* A1 dapat dilihat penyebaran data ketebalan berada pada nilai 1.09 – 3.4 meter

b. *Relatif Error*

Berdasarkan hasil estimasi didapatkan *relatif Error* untuk *Seam* A1 seperti pada **gambar 16**.

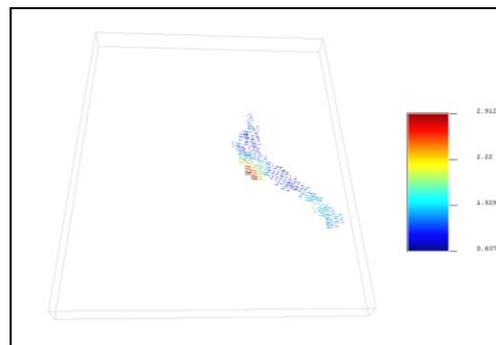


Gambar 16. *Relatif Error Seam* A1

Dari *relatif Error* terlihat area yang berwarna biru mempunyai nilai yang lebih kecil atau nilai dengan *error* 0.12 – 0.5 dan area yang berwarna kuning hingga merah mempunyai nilai yang tinggi dengan nilai *relatif error* 0.6 - 1.

c. Koreksi Lapisan Batubara *Seam* A1

Koreksi terhadap topografi, lapisan batubara dan desain pit dilakukan untuk mendapatkan model batubara yang sesuai menggunakan *microsoft excel*

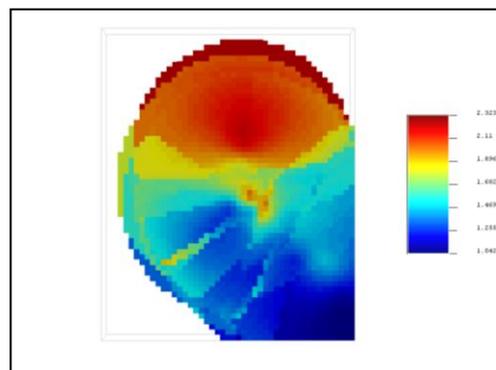


Gambar 17. Hasil Koreksi Ketebalan Batubara *Seam* A1

4.6.3. Estimasi Ketebalan *Seam* A2

a. Estimasi *Ordinary Kriging* Batubara *Seam* A2

Pada tahap pertama ini dihasilkan blok model yang sudah diestimasi. akan tetapi blok model yang diestimasi tersebut masih bersifat *overestimated*.

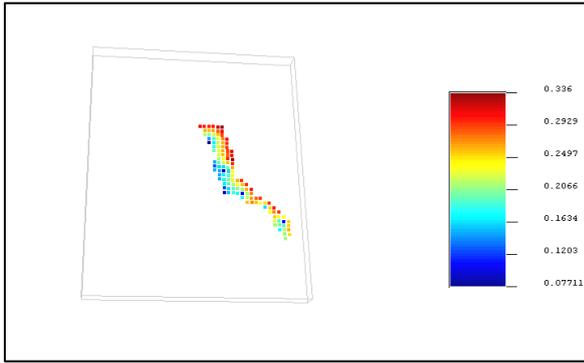


Gambar 18. Model Ketebalan Batubara *Seam* A2 Sebelum Koreksi

Dari gambar estimasi *Ordinary Kriging Seam* A2 dapat dilihat penyebaran data ketebalan berada pada nilai 0.105 – 2.4 meter.

b. *Relatif Error*

Berdasarkan hasil estimasi didapatkan *relatif Error* untuk *Seam* A seperti pada **gambar 19**.

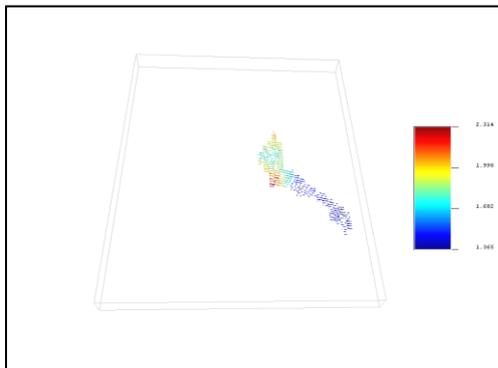


Gambar 19. Relatif Error Seam A2

Dari *relatif error* terlihat area yang berwarna biru mempunyai nilai *relatif error* yang lebih kecil atau nilai dari *relatif error* 0.077– 0.18 dan area yang berwarna kuning hingga merah mempunyai *error* yang tinggi dengan nilai *error* 0.2 - 0.4.

c. Koreksi Lapisan Batubara Seam A2

Koreksi terhadap topografi, lapisan batubara dan desain pit dilakukan untuk mendapatkan model batubara yang sesuai menggunakan *microsoft excel*



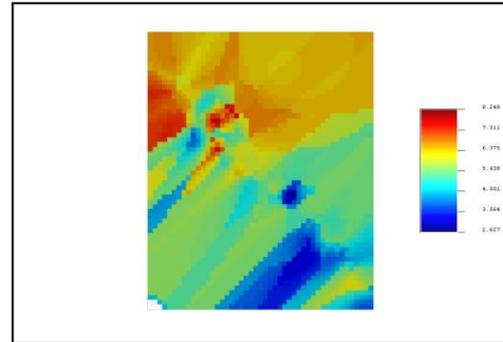
Gambar 20. Hasil Koreksi Ketebalan Batubara Seam A2

Hasil dari koreksi tersebut menampilkan ketebalan batubara pada Seam A2 memiliki ketebalan 1.36 - 2.31 meter dengan ketebalan dominan berada pada kisaran 1.6 meter.

4.6.4. Estimasi Ketebalan Seam B

a. Estimasi *Ordinary Kriging* Ketebalan Batubara Seam B

Pada tahap pertama ini dihasilkan blok model yang sudah diestimasi. akan tetapi blok model yang diestimasi tersebut masih bersifat *overestimated*.

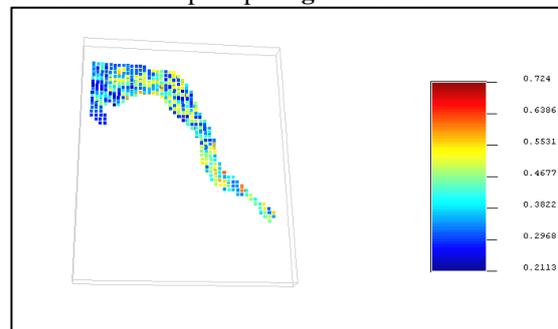


Gambar 21. Model Ketebalan Batubara Seam B sebelum koreksi

Dari gambar estimasi *Ordinary Kriging* Seam B dapat dilihat penyebaran data ketebalan berada pada nilai 2.6 – 8.28 meter.

b. Relatif Error

Berdasarkan hasil estimasi didapatkan *Relatif Error* untuk Seam B seperti pada gambar 22.

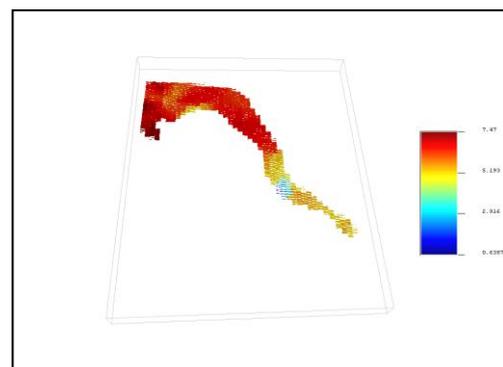


Gambar 22. Relatif Error Seam B

Dari *Relatif error* terlihat area yang berwarna biru mempunyai *Relatif error* yang lebih kecil atau nilai dari *Relatif error* 0.2113-0.4, dan area yang berwarna kuning hingga merah memiliki nilai yang tinggi yaitu 0.5-0.7

c. Koreksi Lapisan Batubara Seam B

Koreksi terhadap topografi, lapisan batubara dan desain pit dilakukan untuk mendapatkan model batubara yang sesuai menggunakan *microsoft excel*



Gambar 23. Hasil Koreksi ketebalan batubara Seam B

Hasil dari koreksi tersebut menampilkan ketebalan batubara pada *Seam B* memiliki ketebalan 5.087 – 7.47 meter dengan ketebalan dominan berada pada kisaran 6.57 meter.

4.7. Perhitungan Cadangan

Perhitungan cadangan yang dilakukan menggunakan software tambang dengan metode *Triangle* dan Metode *Ordinary Kriging* yang dilakukan terhadap *seam A*, *seam A1*, *seam A2*, *seam B* akan tetapi batasan *PIT* yang digunakan sama. Berikut perbandingan tonase dari metode *Triangle* dan Metode *Ordinary Kriging*:

Tabel 5. Perbandingan tonase metode *Triangle* dan metode *ordinary kriging*

| Seam | Jumlah Blok | Dimensi Blok (m) | | | Volume m ³ | Densitas | Mining | Tonase (ton) |
|---------------------|-------------|------------------|----|---|-----------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| | | X | Y | Z | | (Ton/m ³) | Recovery(%) | |
| A | 980 | 30 | 30 | 1 | 882,000 | 1.3 | 95 | 1,089,270 |
| A1 | 154 | 30 | 30 | 1 | 138,600 | 1.3 | 95 | 171,171 |
| A2 | 195 | 30 | 30 | 1 | 175,500 | 1.3 | 95 | 216,743 |
| B | 2134 | 30 | 30 | 1 | 1,920,600 | 1.3 | 95 | 2,371,941 |
| Total Volume | | | | | 3,116,700 | Total tonase | | 3,849,124.50 |

Hasil dari tonase batubara yang didapat antara metode *Triangle* dan metode *Ordinary Kriging* hampir sama, tetapi dilihat pada *Seam A* dimana menunjukkan perbedaan tonase yang cukup besar dari *Seam* yang lainnya disebabkan karena pada metode *Triangle* diolah menggunakan *software* tambang, dimana zona *weathering* yang telah ditetapkan sebesar 4 meter atau bisa diartikan batubara yang berada di bawah topografi 4 meter dianggap sebagai zona *weathering*. Sedangkan pada kasus ini adanya titik informasi yang menunjukkan pada kedalaman kurang dari 4 meter sudah ditemukannya *roof* dari *Seam A* yang artinya sampai kedalaman 4 meter maka batubara tersebut masih dianggap zona *weathering* (Pelapukan).

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang dapat peneliti berikan berdasarkan hasil penelitian ini:

1. Berdasarkan data eksplorasi pemboran PT. Pancaran Surya Abadi pada *PIT* utara, terdapat satu *seam* yang bercabang yaitu *seam* memiliki split *seam* yaitu *seam A1* dan *seam A2*, dan *seam* tunggal yaitu *seam B*, *seam C*, dan *seam*. Namun, pada *pit* perhitungan cadangan yang di hitung cuma pada *seam A*, *Seam A1*, *Seam A2*, dan *seam B* ke empat *seam* tersebut ekonomis untuk ditambang
2. Berdasarkan parameter-parameter analisis statistik univariat, untuk batubara *seam A* dan *Seam B* menunjukkan ketebalan batubara menyebar ke arah nilai ketebalan yang tinggi sedangkan untuk *seam A1* dan *seam A2* menunjukkan ketebalan batubara menyebar kearah ketebalan yang rendah

3. Berdasarkan hasil dari kontur struktur dimana kemenerusan dari batubara pada *Seam A*, *A1*, *A2* dan *B* cenderung ke arah barat laut - tenggara dengan arah *down dip* kearah timur laut dengan kemiringan yang cukup landai
4. Dari hasil penampang model *seam B* merupakan *seam* dominan dari *seam* lainnya
5. Hasil estimasi cadangan batubara menggunakan metode *triangle* didapatkan tonase batubara sebesar 3,533,187.21 ton
6. Hasil estimasi cadangan batubara menggunakan metode *ordinary kriging* didapatkan tonase batubara sebesar 3,849,124.50 ton

5.2. Saran

Saran yang peneliti berikan agar lebih akurat dalam perhitungan cadangan yaitu:

1. Lebih memperhatikan jarak antar lubang bor, dimana disarankan agar pemboran selanjutnya mempertimbangkan jarak antar spasi lubang
2. Disarankan untuk membahas perancangan *PIT* optimasi dengan membahas biaya agar *PIT* yang didapatkan dapat memberi keuntungan bagi perusahaan.

Referensi

- [1] A.A Inung Arie Adnyano. 2017. “Estimasi Cadangan Batubara Dengan Software Tambang Pada *PIT* De Disite Bebatu Pt. PiPIT Mutiara Jaya Kabupaten Tana Tidung, Kalimantan Utara” Vol 9. No 1.2017
- [2] Anonim. 2019. Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara. SNI 5015 BSN. Jakarta.
- [3] Arif, Irwandi. 2014. Batubara Indonesia. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Aryanda, D., 2014, Perancangan Sequence Penambangan Batubara untuk Memenuhi Target Produksi Bulanan ISSN: 1858-3636, Vol. 10 No. 02, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [5] Hustrulid, W., Kuctha, M., and Martin R., 2006, Open *PIT* Mine Planning and Design Volume 1- Fundamentals 3rd Edition ISBN: 978-1-4665-7512-7, Taylor & Francis, London.
- [6] Kode KCMi 2017. Kode Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya Mineral dan Cadangan Mineral Indonesia. Jakarta. KCMi. 201
- [7] Mutasim, Billah. 2010. Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah dengan Menggunakan Minyak Tanah dan Minyak Residu. Surabaya: UPN Press
- [8] Rumbino, Yusuf, Giofani S. Lake, Ika F. Krisnasiwi. 2019. “Permodelan Dan Perhitungan cadangan batubara Dengan Software Minescape 5.7 Pada *PIT X* Pt. Trubaindo Coal Mining, Kecamatan Muara Lawa, Kutai Barat, Kalimantan Timur” Seminar nasional sains dan teknik fst undana (sainstek-IV)

- [9] Sinclair, A.J. and G.H Blackwell, Applied Mineral Inventory Estimasi 2002, Cambridge UK : Cambridge University Press. Pp. 328 -330.
- [10] Sukandarrumidi. 1995. Batubara dan Gambut. Gajah Mada University
- [11] Sulistyana, W., 2018, Perencanaan Tambang Edisi Kedelapan ISBN 9786237594314, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta.
- [12] Yulhendra, Dedi., Yoszi Mingsi Anaperta. 2013. "Estimasi Sumberdaya Batubara dengan Menggunakan Geostatistik (Kriging)". Jurnal Teknologi Informasi&Pendidikan. ISSN: 2086-4981. Vol. 6 No.2.
- [13] Wood, G.H., Jr., T.M. Kehn, M.D. Carter, and W.C. Culbertson, 1983. Coal Resource Classification System of the U.S. Geological Survey. U.S. Geological Survey Circular 891, Washington D.C.: U.S. Department of the Interior; 65 pp.
- [14] Zani, Mhd., Yulhendra, Dedi. 2020 "Estimasi Sumberdaya Terukur Batukapur pada Area Bukit Tajarang dengan Menggunakan Metode Indikator Kriging di Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat" Bina Tambang, 5(2), 250-264.
- [15] ZHU, Q., & Lin, H. S. (2010). Comparing Ordinary Kriging and regression kriging for soil properties in contrasting landscapes. *Pedosphere*, 20(5), 594-606.