

PEMODELAN CADANGAN BATUBARA BERDASARKAN PENENTUAN *BATTERBLOCK* DI SANGA DESA, MUSI BANYUASIN, SUMATERA SELATAN

MODELLING OF COAL RESERVES BASED ON BATTERBLOCK AT SANGA DESA, MUSI BANYUASIN, SOUTH SUMATERA

**Darsa Permana, Dwiky Septa Kurniawan, Husni Muhammad Awad,
dan Ravi Yuliansyah Pratama**

Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia, Bandung, Indonesia

Email korespondensi: darsapermana51@gmail.com

Diterima: 15 Juli 2024; Direvisi: 20 Agustus 2024; Disetujui: 30 Mei 2025

DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v20i1.516>

ABSTRAK

Estimasi cadangan merupakan upaya untuk mengetahui nilai keekonomisan suatu endapan mineral dan batubara sekaligus sebagai dasar evaluasi keekonomian, apakah daerah yang diteliti layak atau tidak layak untuk ditambang. Penelitian untuk estimasi cadangan dilakukan pada lokasi tambang batubara di daerah Sanga Desa, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Estimasi dibantu oleh program berbasis komputer, yakni perangkat lunak Minescape 5.7. Penelitian ini menggunakan metode model blok untuk menentukan daerah potensial batubara. Berdasarkan model blok ini dibuat batterblock, sehingga dapat dibuat resgraph yang dapat menentukan daerah potensial yang akan ditambang dengan menggunakan Minescape 5.7 diperoleh estimasi cadangan batubara 84.447.000 MT dan lapisan tanah penutup 280.320.000 BCM, sehingga diperoleh nisbah pengupasan 3,3 dengan luas pit 300,54 ha.

Kata Kunci: Batubara, Minescape, Model blok, *Batterblock* Solid, Nisbah pengupasan

ABSTRACT

Reserves estimation are an effort to determine the economic value of minerals, as well as a basis for economic evaluation, whether the area under study is suitable or not suitable for mining. Reserves estimation are carried out at a coal mining company site in the Sanga Desa, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Estimation are assisted by computer based program, namely Minescape 5.7 software. This research uses the block model method to determine potential coal areas. Based on this block model, a batter block is created in order to form a resgraph that can be used to determine the potential area to be mined by using Minescape 5.7, an estimate of coal reserves of 84,447,000 MT and overburden of 280,320,000 BCM obtained, so the stripping ratio is 3.3 with a pit area of 300.54 ha.

Keywords: coal, minescape, block model, batter block solid, stripping ratio

Latar Belakang

Perancangan suatu tambang, baik tambang terbuka maupun tambang dalam, memerlukan estimasi sumber daya dan/atau cadangan yang akurat, karena hasilnya akan menentukan rancangan kegiatan penambangan. Estimasi itu sendiri diperoleh melalui pemodelan berbasis komputer, yang akan berpengaruh pada rancangan desain *pit*, dengan mempertimbangkan umur tambang dan nilai nisbah pengupasan (*stripping ratio*).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian untuk estimasi cadangan batubara dalam pemodelan *pit* penambangan batubara berdasarkan penentuan *batterblock* pada perusahaan tambang batubara di Kecamatan Sanga Desa, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1). Batubara di wilayah ini termasuk ke dalam Formasi Muaraenim, bagian dari Cekungan Sumatera Selatan. Berdasarkan hasil penelitian De Coster (1974) mengenai siklus pengendapan di Cekungan Sumatera Selatan, disimpulkan bahwa batuan dan endapan batubara yang

termasuk ke dalam Formasi Muaraenim memiliki siklus pengendapan regresi.

Untuk nilai nisbah pengupasan, pihak perusahaan mensyaratkan tidak melebihi 1 : 8, artinya untuk mengambil 1 ton batubara maksimal harus mengupas lapisan tanah penutup sebanyak 8 bcm (*bank cubic meter*). Sementara sebagai alat bantu untuk estimasi sumber daya dan cadangan batubara digunakan piranti lunak Minescape 5.7.

Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Rumusan masalah mencakup berapa estimasi sumber daya dan/atau cadangan batubara dan nilai nisbah pengupasan pada *pit*, serta bagaimana bentuk desain *pit* yang akan dibuat. Untuk itu penelitian bertujuan untuk mengetahui estimasi sumber daya dan/atau cadangan batubara dan nilai nisbah pengupasan, serta bentuk desain *pit* penambangan, dengan mengacu kepada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 26 Tahun 2018, tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan tatanan tektonik, cekungan batubara di Indonesia Bagian Barat dapat dibagi menjadi Cekungan Busur Muka berumur Neogen, Cekungan Antar Gunung (Intramontana) yang berumur Paleogen, dan Cekungan Busur Belakang Neogen (Cekungan Sumatera Tengah). Hingga saat ini telah diketahui 2 (dua) cekungan utama yang terendapkan pada busur belakang menjadi target eksplorasi dan produksi batubara di Sumatera, yaitu Cekungan Sumatera Selatan dan Cekungan Sumatera Tengah (De Coster, 1974).

Penelitian berada pada Formasi Muaraenim, yang merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Selatan, yang secara umum menghasilkan endapan batubara dengan penyebaran yang cukup luas, namun memiliki peringkat batubara tidak terlalu tinggi, kecuali di sekitar daerah intrusi batuan beku, seperti yang terdapat di lapangan batubara Air Laya, Suban, dan Bukit Kendi.

Pengendapan di Cekungan Sumatera Selatan, disimpulkan bahwa batuan dan endapan batubara yang termasuk ke dalam Formasi Muaraenim memiliki siklus pengendapan regresi (De Coster 1974). Selain Formasi Muaraenim, juga terdapat lapisan-lapisan tipis batubara pada Formasi Talangakar dan Formasi Lahat yang berumur relatif lebih tua daripada Formasi Muaraenim. Juga diperkirakan potensi batubara berupa lapisan-lapisan tipis yang merupakan anggota Formasi Kasai yang berumur lebih muda daripada

Formasi Muaraenim. Dapat teridentifikasi bahwa di dalam Formasi Muaraenim terdapat paling tidak 12 lapisan batubara utama, dari bawah ke atas yaitu lapisan batubara Kladi, Merapi, Petai (C), Suban (B), Mangus (A), Burung, Benuang, Kebon, Benakat/Jelawatan, Lematang, Niru (Shell Mijnbouw, 1978). Pengendapan batubara di formasi ini dipengaruhi saat susut laut pada peristiwa perubahan muka air laut yang terjadi pada Kala Miosen.

Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam penelitian terapan (*applied research*), yang akan memberikan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi perusahaan dalam merancang tambang yang efektif dan efisien. Dengan demikian penelitian ini memiliki manfaat yang bersifat aplikatif.

Teknis analisis data menggunakan data kuantitatif, yaitu dengan mengolah data bertumpu pada pemakaian piranti lunak Minescape 5.7, yang akan menampilkan bentuk desain *pit* dalam bentuk gambar 2D dan 3D. Adapun data yang digunakan berupa data sekunder yang telah disiapkan oleh perusahaan, yakni data topografi, data lithologi, data titik-titik bor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Pengaruh Batubara

Daerah pengaruh batubara adalah daerah yang menyatakan sumber daya berada pada klasifikasi sumber daya terukur, tereka atau tertunjuk (Bombang H. dkk, 2020). Klasifikasi sumber daya ditentukan berdasarkan SNI 5015:2019 (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Jarak Titik Pengamatan Menurut Kondisi Geologi

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumber Daya		
		Tereka	Tertunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik pengamatan (m)	$1000 < x \leq 1500$	$500 < x \leq 1000$	$x \leq 500$
Moderat	Jarak titik pengamatan (m)	$500 < x \leq 1000$	$250 < x \leq 500$	$x \leq 250$
Kompleks	Jarak titik pengamatan (m)	$250 < x \leq 500$	$100 < x \leq 250$	$x \leq 100$

Sumber: Badan Standardisasi Nasional, SNI 5015:2019

Pada daerah penelitian ini digunakan kondisi geologi menjadi Moderat, yaitu dengan klasifikasi sumber daya terukur, mengingat jarak titik bor rata-rata 200 m (Tabel 1).

Batterblock Solid

Batterblock solid adalah poligon yang berupa gabungan panel dan bidang petak (*strip*), serta bertujuan membuat rangkaian blok 3D yang mewakili geometris blok-blok tambang yang ditentukan dengan mempertimbangkan faktor geoteknik, kemampuan alat, keamanan, dan faktor kemudahan operasional.

Batterblock solid, dibagi menjadi volume lapisan tanah penutup (*overburden*) dan *interburden* yang dapat dibagi menjadi blok-blok yang setiap blok mempunyai nilai masing-masing (Bargawa, 2010). Hal ini disebabkan adanya perbedaan nilai nisbah pengupasan pada setiap bloknya. Pada prinsipnya estimasi volume lapisan tanah penutup sama dengan lapisan *interburden*, yaitu dengan membentuk blok-blok solid yang masing-masing mempunyai nilai setiap bloknya.

Estimasi Volume Lapisan Tanah Penutup dan Batubara

Estimasi volume lapisan tanah penutup dan tonase batubara merupakan salah satu tahap dalam mengestimasi nilai nisbah pengupasan. Volume tanah penutup atau volume batubara diestimasi dari nilai rata-rata tebal lapisan tanah penutup atau tebal batubara yang diketahui dari setiap titik bor,

dibagi dengan jumlah titik bor dan dikalikan dengan luas area dari titik bor, seperti pada rumus sebagai berikut (Bombang H. dkk, 2020).

$$\text{Tob/Tbb} = \frac{k_1 + k_2 + \dots + k_n}{n}$$

Keterangan:

Tob : Tebal rata-rata lapisan tanah penutup, m

Tbb : Tebal rata-rata batubara, m

$k_1 + k_2 + \dots + k_n$: Tebal lapisan tanah penutup atau tebal batubara pada setiap titik bor, m

n : Jumlah titik bor

Untuk mengetahui volume lapisan tanah penutup digunakan rumus berikut:

$$\text{Vob} = \text{Tob} \times L$$

Keterangan:

Vob : Volume lapisan tanah penutup, m³

Tob : Tebal rata-rata lapisan tanah penutup, m

L : Luas area titik bor, m²

Untuk estimasi volume batubara dengan menggunakan *batterblock solid*, dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Vbb} = \text{Tbb} \times L$$

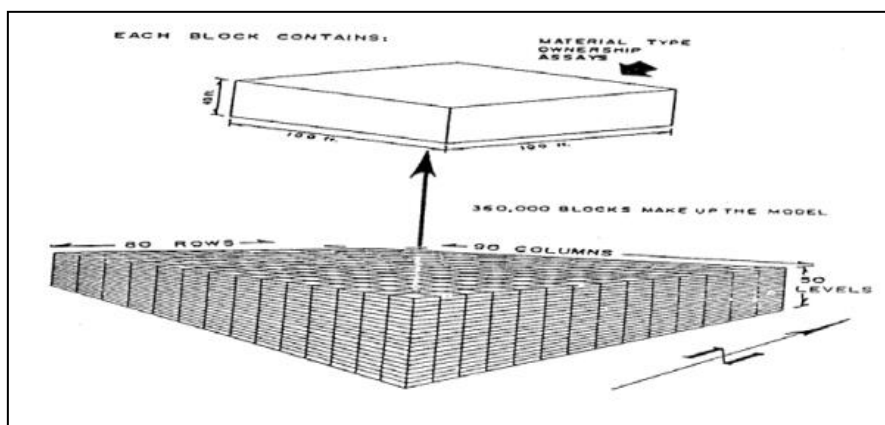
Keterangan:

Vbb : Volume batubara, m³

Tbb : Tebal rata-rata lapisan batubara, m

L : Luas area titik bor, m²

Untuk estimasi tonase batubara didapatkan dari volume batubara dikalikan dengan densitas batubaranya.



Gambar 2. Ukuran Model Blok 3D (Bargawa, 2018)

Nisbah Pengupasan (*Stripping Ratio*)

Nisbah pengupasan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume lapisan tanah penutup yang harus dipindahkan terhadap satu ton bijih/batubara yang ditambang (Arif, 1996). Nisbah pengupasan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan ekonomis tidaknya pengambilan suatu cadangan batubara; semakin besar nilai nisbah pengupasan, maka semakin banyak lapisan penutup yang harus digali untuk mengambil endapan batubara. Ini berarti diperlukan *effort* dalam bentuk waktu, tenaga dan dana lebih besar, sehingga akan mengurangi keuntungan yang diperoleh perusahaan. Sebaliknya semakin kecil nisbah pengupasan, semakin sedikit lapisan penutup yang harus digali, yang berarti semakin besar keuntungan perusahaan.

Hasil perancangan *pit* akan menentukan berapa tonase batubara dan lapisan penutup yang dikandung *pit* itu. Perbandingan antara lapisan penutup dan batubara tersebut akan memberikan nisbah pengupasan rata-rata suatu *pit*. Hal ini dilakukan untuk dapat menentukan pada elevasi berapa nisbah pengupasan yang paling menguntungkan untuk ditambang dengan cara tambang terbuka.

Rumus umum yang digunakan dalam estimasi nisbah pengupasan adalah:

$$\text{Nisbah pengupasan} = \frac{\text{Volume tanah penutup}}{\text{Tonase Batubara}}$$

Pemodelan Batubara

Interpretasi geologi merupakan hal yang penting dalam tahap penyelidikan eksplorasi endapan batubara. Pemodelan yang dibuat merupakan pendekatan dari kondisi geologi, yang memberikan:

- Estimasi jumlah sumber daya dan/atau cadangan batubara (tonase).
- Perkiraan bentuk tiga dimensi cadangan batubara, jumlah cadangan kaitannya dengan estimasi umur tambang.

- Batas kegiatan penambangan yang dibuat berdasarkan taksiran sumber daya.
- Hasil estimasi nisbah pengupasan, yang dibatasi oleh koordinat tertentu. Peubah (variabel) untuk pemodelan, yaitu topografi daerah penelitian, informasi geologi, ketebalan dan kualitas endapan, jenis batuan, berat jenis, tonase tiap unit.

Piranti Lunak Minescape 5.7

Piranti ini menyediakan berbagai fitur yang berguna dalam pengolahan dan analisis data geologi, pertambangan, serta perencanaan tambang. Selain itu, piranti ini juga memiliki fungsi pemodelan geologi dan desain tambang, misalnya pembuatan *pit limit*, perencanaan jalan, analisis kemajuan tambang, perencanaan kegiatan eksploitasi, estimasi cadangan, dan pemodelan. Adapun data yang diperlukan berupa peta topografi, data litologi, dan data bor.

Data

Data yang digunakan berupa data sekunder dari perusahaan yang meliputi:

- Peta Topografi, meliputi data permukaan di daerah penelitian.
- Data Survei Pemboran, meliputi data nama titik bor, koordinat, dan total kedalaman.
- Data Litologi, meliputi data nama bor, kedalaman awal lapisan, kedalaman akhir lapisan, group lapisan.

PENGOLAHAN DATA

Peta Topografi

Sebagian besar permukaan tanah berupa perbukitan dengan sedikit lembah, yang ditunjukkan dengan nilai-nilai kontur yang hampir bervariasi. Daerah penelitian terletak di area yang memiliki rentang ketinggian (elevasi) antara 30 – 88 m dengan didominasi oleh perbukitan yang dapat dilihat dari kontur topografi yang rapat. Selanjutnya garis kontur tersebut dibuat *triangle* yang akan digunakan untuk estimasi sumber daya/cadangan dan membuat desain *pit* penambangan.

Pembuatan Geologi Model

Pembuatan geologi model didasarkan dari pembuatan *scema*. *Scema* artinya *settingan* pembuatan geologi model. *Settingan* ini didapat dari *file* survei dan *file* litologi. *File* survei berisi mengenai kode bor, X (*Easting*), Y (*Northing*), Z (*Elevation*) dan total kedalaman pemboran yang merupakan total *depth*, sedangkan *file* litologi adalah data berisi informasi lubang bor yang digunakan untuk pemodelan geologi batubara termasuk kode bor, unit dari litologi, *roof* dan *floor* ketebalan lapisan batubara. Data bor dimasukkan, kemudian disesuaikan dengan format pada *Minescape* dengan melakukan *settingan* ruang permodelan, seperti *sheet* untuk melakukan batasan area pada area penelitian, kontur struktur yang digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan batubara, serta stratigrafi untuk *section* sayatan geologi dalam bentuk 2D.

Analisis Data Bor

Data bor sebanyak 20 titik bor yang memiliki lapisan batubara berbeda, dengan jarak rata-rata antarlubang bor ± 200 meter dan kedalaman rata-rata lubang bor ± 300 meter.

Data bor di-impor dari *minescape* melalui permodelan *scema* yang terdiri dari *file* survei dan *file* litologi. Data bor tersebut diperoleh dari kegiatan pemboran eksplorasi secara detail untuk mendapatkan gambaran data yang representatif dari endapan batubara. Data survei dan data litologi akan diolah dengan menggunakan *Minescape*. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk estimasi sumber daya/ cadangan batubara dan dilanjutkan dengan membuat *layout* desain penambangan.

Langkah-langkah untuk mengolah dan menganalisis data bor adalah sebagai berikut:

- **Membatasi Area dengan Poligon**
Langkah awal adalah membatasi area yang akan dilakukan pengukuran sumber daya/cadangan, yaitu membuat

poligon tertutup di bagian terluar dari lubang bor. Poligon tertutup dibuat berdasarkan batas dari topografi daerah penelitian (Gambar 3). Pembuatan poligon bertujuan agar area estimasi dapat dibatasi dan memudahkan pembuatan kontur struktur dari masing-masing *seam* batubara pada daerah penelitian.

- **Triangulasi**
Triangulasi adalah sebuah metode yang menghubungkan sekumpulan *triangle* secara grafis untuk menggambarkan permukaan (*surface*). Pada piranti lunak *Minescape*, data yang ditriangulasi disimpan dalam *triangle file* (direktori/*triangle*) pada sebuah *project*. *Triangle file* sendiri merupakan sumber data grafis yang menyediakan fasilitas untuk menggambarkan model yang berhubungan dengan geologi dan segala isinya. Data hasil triangulasi dapat disimpan sebagai *surface*.
- **Sebaran Titik Bor**
Dalam upaya pembuatan pemodelan endapan batubara, sebaran titik bor yang berjumlah 20 titik harus diolah dan diinput dengan menggunakan *Minescape*. Setelah dilakukan penginputan data survei dan data litologi, maka hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk titik-titik bor pada *Minescape* (Gambar 4).
- **Kontur Struktur Endapan Batubara**
Dari data dasar pemodelan endapan batubara, setelah diolah lebih lanjut akan diperoleh peta kontur struktur yang dapat memberikan informasi arah umum dan penyebaran batubara. Kontur struktur didasarkan atas pembuatan dari *grid scema* yang merupakan kontur batubara dalam bentuk garis kontur. Kontur struktur artinya kontur dari *roof* dan *floor* batubara. Kontur struktur, selain sangat berpengaruh untuk mengetahui

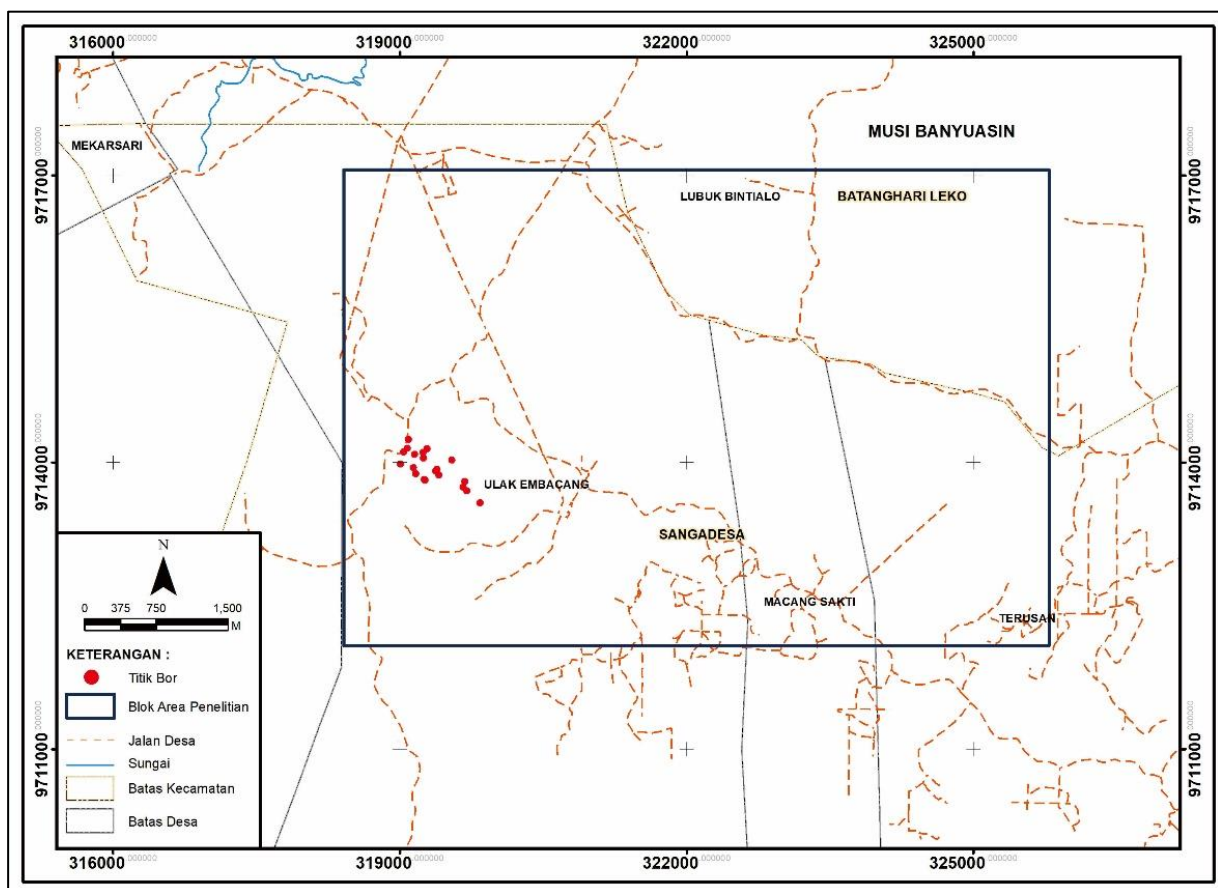
bentuk, penyebaran, dan endapan batubara itu sendiri, juga dapat digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan tanah penutup. Ketebalan tersebut dapat diestimasi dari perpotongan kontur struktur dengan kontur topografi, dimana ketebalan tanah penutup ini dapat digunakan sebagai batasan awal dari penentuan *pit limit*.

Perbandingan antara volume lapisan tanah penutup dan tonase batubara yang diterapkan dalam bentuk nisbah pengupasan, dapat dijadikan salah satu dasar penentuan batasan penambangan. Hasil pengolahan data menggunakan piranti lunak *Minescape* menunjukkan, terdapat

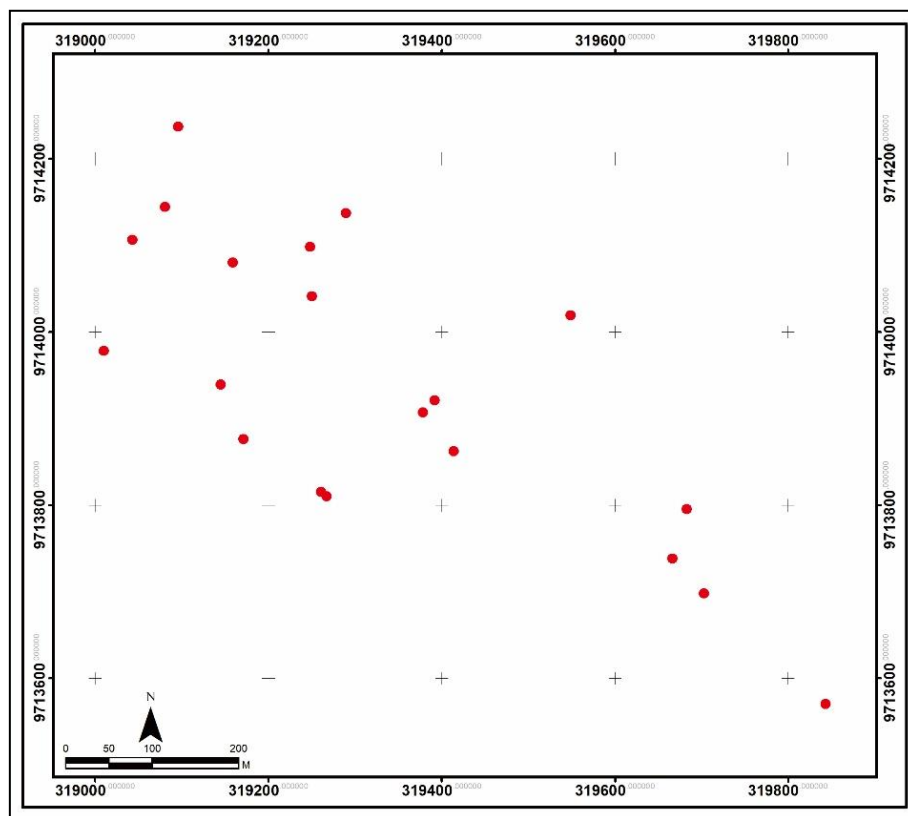
seam – yang diberi nama *seam D*, untuk kemudian dilakukan pembuatan kontur struktur batubara.

- **Bentuk Section**

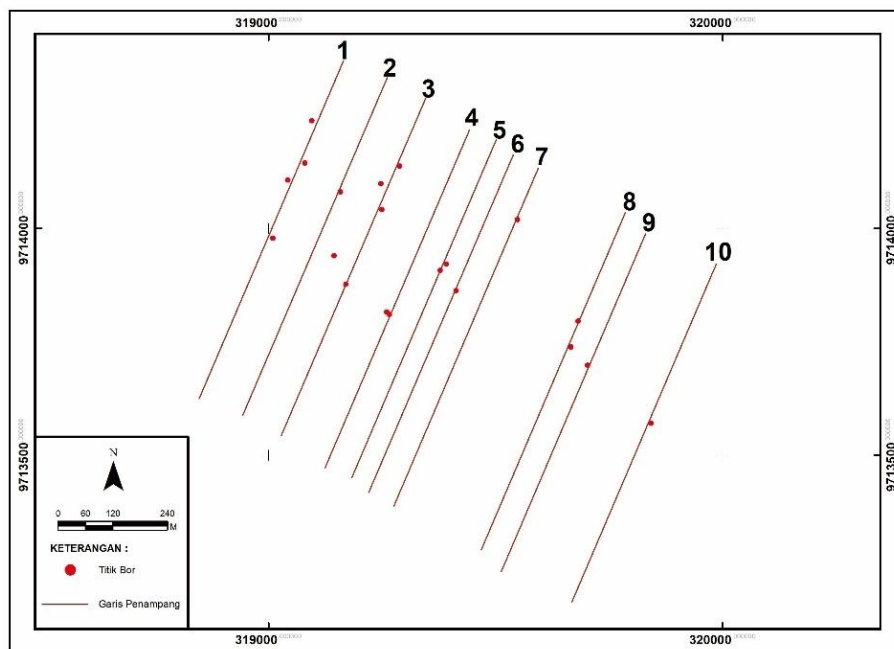
Section batubara adalah bentuk sayatan tiga dimensi dari daerah penelitian apabila disayat antara lubang bor yang ada. *Section* batubara dapat memberikan informasi tampak kemenerusan batubara dalam keadaan aslinya di lapangan. Sebelum mendapatkan *section* batubara, harus dibuat *section 2D* terlebih dulu. *Section 2D* terdiri dari garis penghubung dimana *section* yang akan digambarkan (lihat Gambar 5).



Gambar 3. Peta Daerah Penelitian



Gambar 4. Peta Sebaran Titik Bor

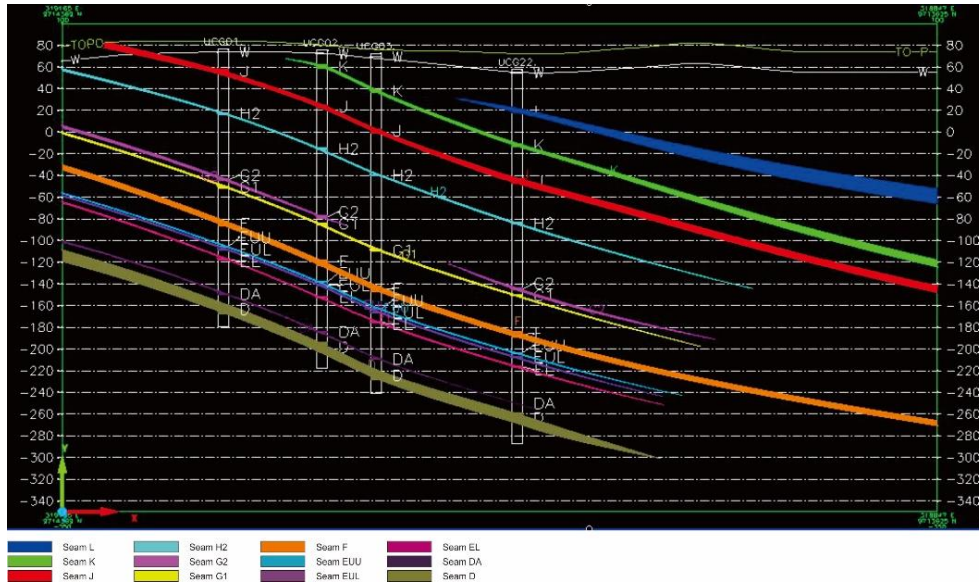


Gambar 5. Peta Garis Penampang

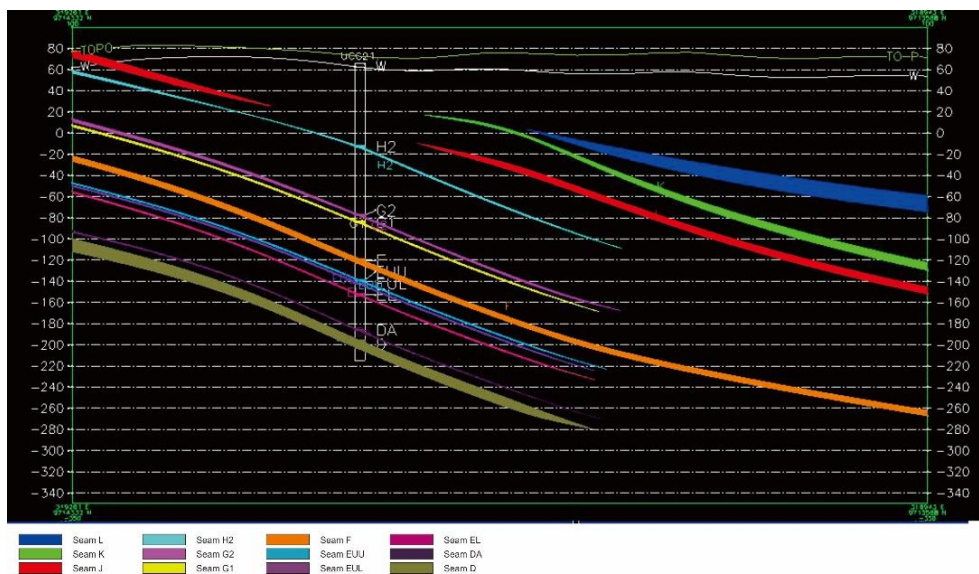
Keterangan: Angka 1 sampai dengan angka 10 menunjukkan garis penampang (*line section*)

Setelah garis section 3D dibentuk, selanjutnya dapat ditampilkan data section dari lapisan batubara. Di dalam piranti

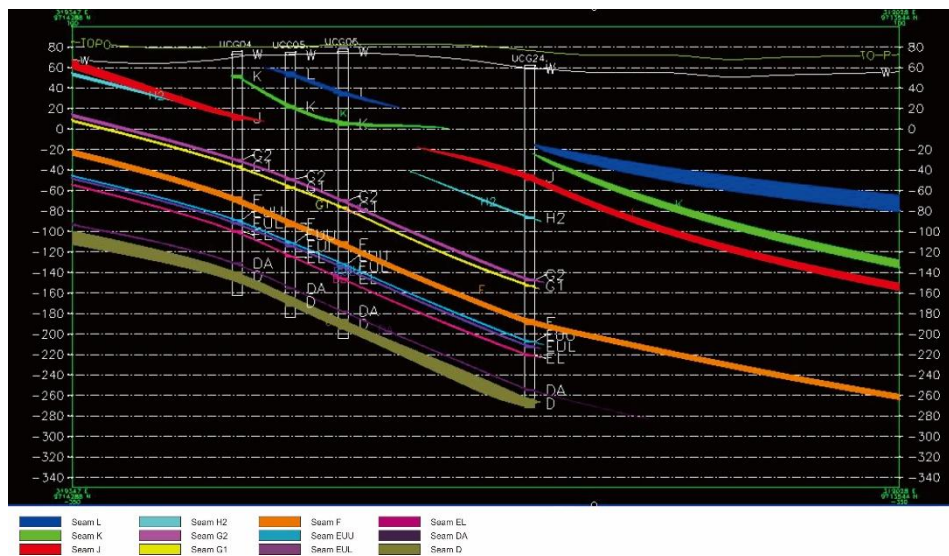
lunak *Minescape*, penggambaran section dinamakan section 2D (Gambar 6 sampai dengan Gambar 15).



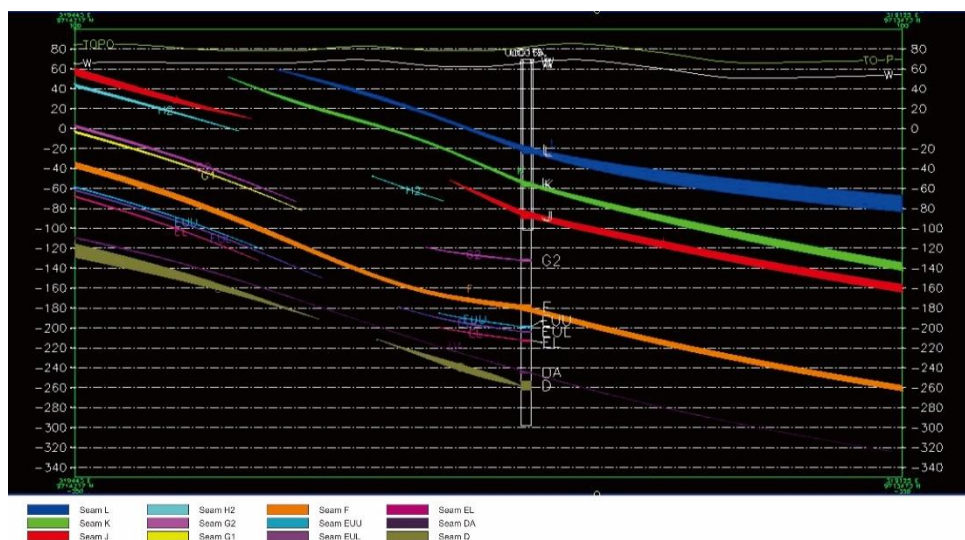
Gambar 6. Garis Penampang 1



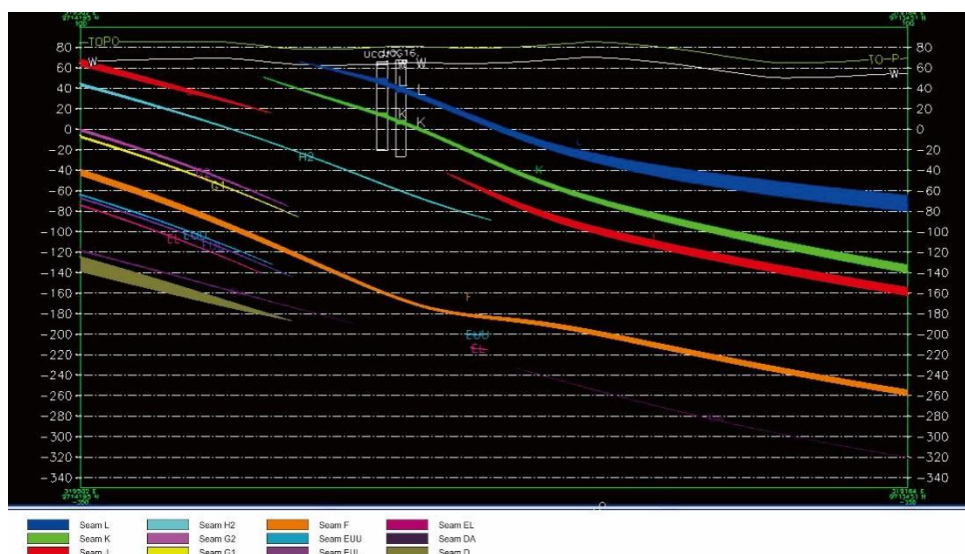
Gambar 7. Garis Penampang 2



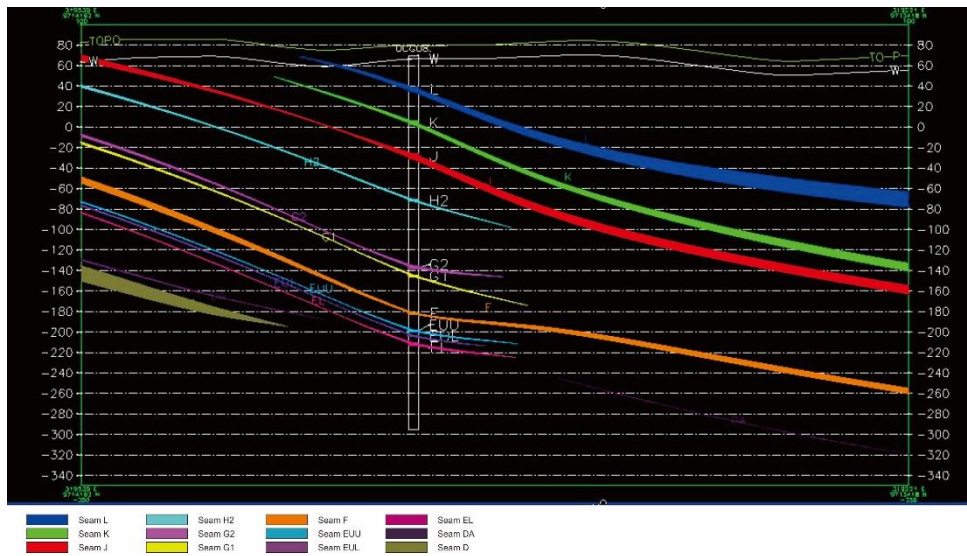
Gambar 8. Garis Penampang 3



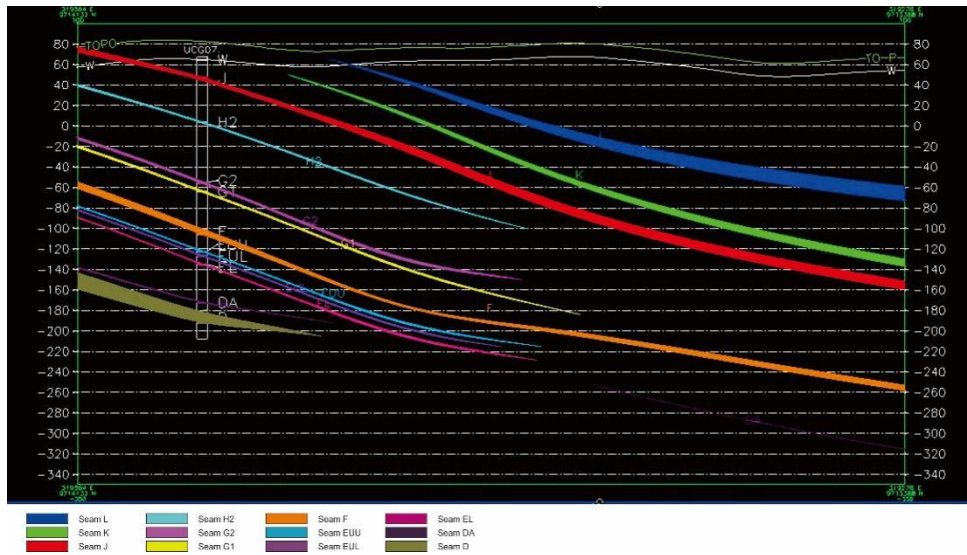
Gambar 9. Garis Penampang 4



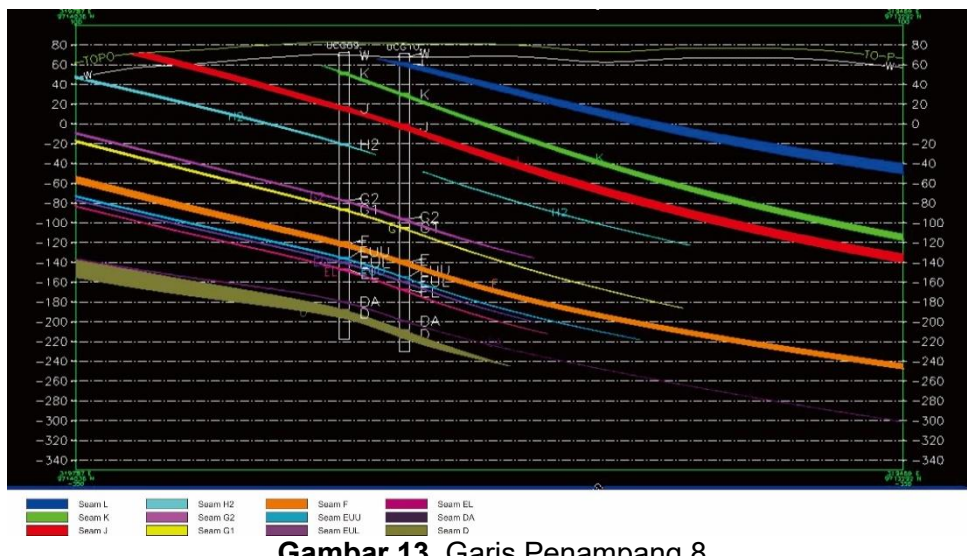
Gambar 10. Garis Penampang 5



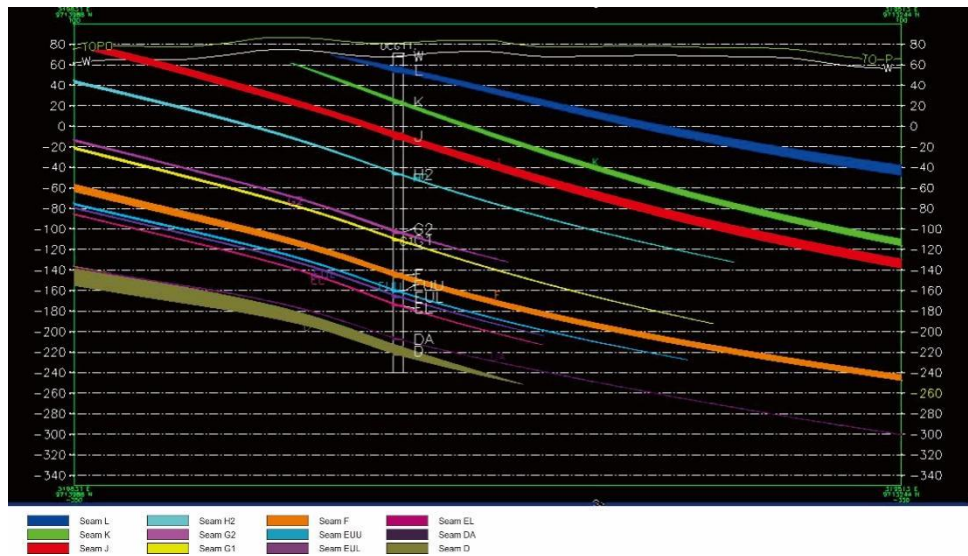
Gambar 11. Garis Penampang 6



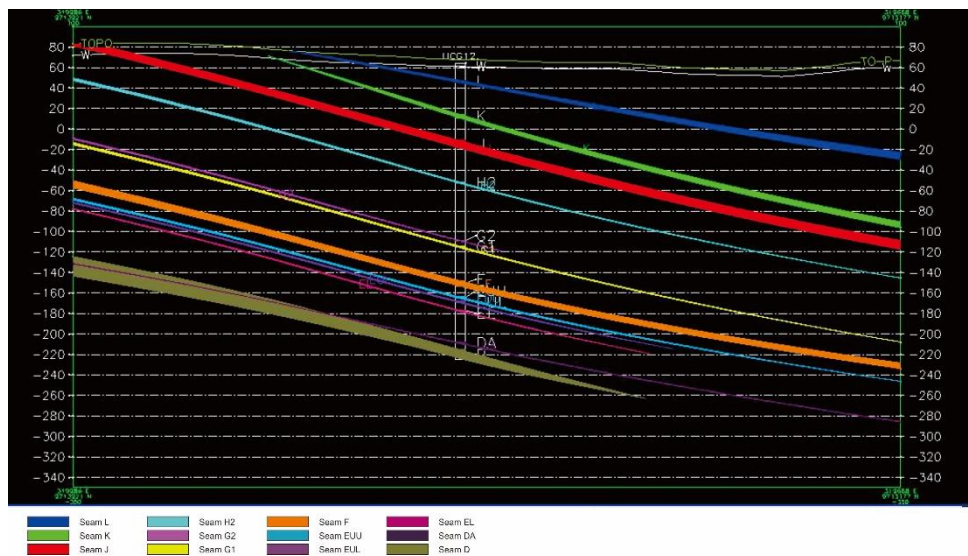
Gambar 12. Garis Penampang 7



Gambar 13. Garis Penampang 8



Gambar 14. Garis Penampang 9



Gambar 15. Garis Penampang 10

PEMBAHASAN

Setelah pembuatan *intersection* yang berfungsi untuk membuat *block* dan *strip* yang nantinya akan diubah menjadi solid, dilakukan estimasi sumberdaya dari setiap *seam* yang nantinya akan memunculkan hasil dalam bentuk tabel di setiap *batterblock* (solid). Semakin banyak *batterblock* solid yang dibuat, semakin banyak pula hasil *batterblock solid* yang diperoleh. Banyak-tidaknya solid tidak mempengaruhi hasil estimasi, dan jika ada, hanya perbedaan yang sangat tipis. Hal ini disebabkan estimasi *batterblock* solid rapat tidak seperti *cross section* yang masih

mempunyai jarak. Besar kecilnya *batterblock* solid hanya digunakan untuk kelanjutan penjadwalan penambangan.

Estimasi dengan metode *batterblock* solid dilakukan pada area persebaran kontur struktur di daerah penelitian, kemudian dibuat blok-blok yang nantinya setiap blok mempunyai nilai nisbah pengupasan sendiri-sendiri. Dari blok-blok yang telah diketahui nilai nisbah pengupasan ini dapat dibuat batasan penambangan berdasarkan nisbah pengupasan yang direkomendasikan perusahaan, yaitu maksimal 1:8.

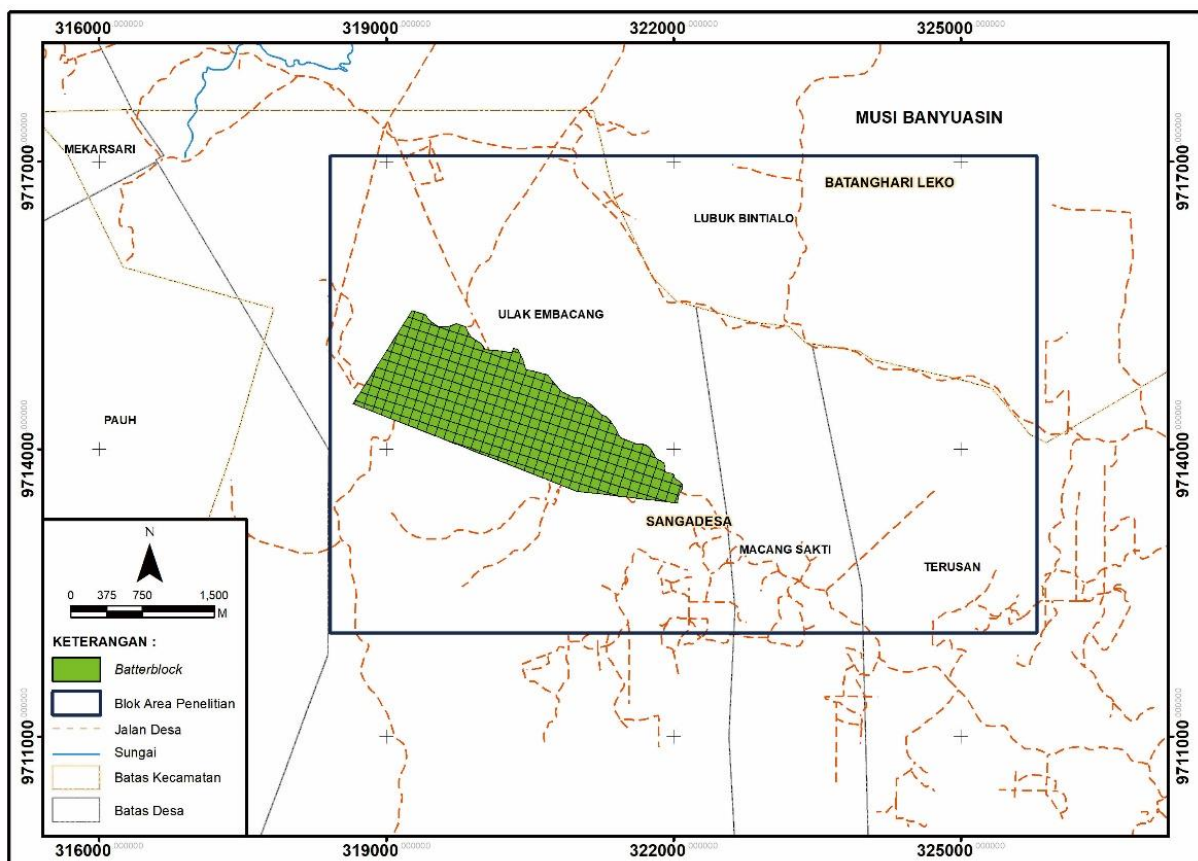
Optimalisasi Metode *Batterblock* Solid

Optimalisasi blok penambangan dibuat pada area batubara yang potensial untuk ditambang (dalam hal ini adalah kontur *seam* batubara) disebabkan kondisi geologi daerah penelitian tergolong geologi moderat. Blok penambangan ini dirancang dengan tujuan untuk estimasi jumlah cadangan batubara beserta volume total lapisan tanah penutupnya pada setiap dimensi 100 m x 100 m, sehingga dapat diketahui nisbah pengupasan dari masing-masing bloknya.

Estimasi volume lapisan tanah penutup menggunakan estimasi metode blok, yaitu luas blok dikalikan dengan tebal total lapisan tanah penutupnya. Sedangkan untuk estimasi sumberdaya batubara adalah luas blok dikalikan dengan tebal

total batubara dan dikalikan lagi dengan densitas batubara, sehingga didapat jumlah tonase batubara per blok. Dengan menggunakan estimasi yang sama, maka setiap blok dapat diketahui volume lapisan tanah penutup, tonase batubara, dan nisbah pengupasan.

Pada Gambar 16, dimensi *batterblock* ini adalah 100 m x 100 m dengan luas 300.54 ha. Jika *batterblock* hanya dua dimensi (2D), maka bentuk solid menampilkan gambar tiga dimensi (3D). Hasil dari bentuk solid inilah yang akan diestimasi sumberdaya batubara dan lapisan tanah penutupnya, serta nilai nisbah pengupasan per blok dengan ukuran permukaan 100 m x 100 m dan kedalaman atau tinggi blok yang dibatasi oleh *seam* terbawah (*floor*) dari lapisan batubara.



Gambar 16. *Batterblock*

Batasan *Pit* (*Pit Limit*)

Batasan *pit* merupakan batasan maksimal nisbah pengupasan yang telah ditetapkan oleh perusahaan, yaitu sebesar 1:8, yang berarti untuk pengupasan batubara sebanyak 1 ton diharuskan mengupas lapisan tanah penutup sebanyak 8 bcm. Dengan demikian, bagian area yang memiliki nisbah pengupasan lebih besar daripada 8 tidak layak untuk ditambang.

Batasan *pit* dengan rencana penambangan nisbah pengupasan sebesar 8 ini yang digunakan sebagai dasar pembuatan *pit limit* area. Setelah dilakukan pemodelan blok dan estimasi volume tiap-tiap blok, tahap selanjutnya adalah melakukan optimasi desain *pit* dengan menentukan batas *pit* yang optimal. Penentuan batas *pit* terlebih dahulu dengan membuat tabulasi berisi volume lapisan tanah penutup dan tonase batubara yang bertujuan untuk memberikan nilai nisbah pengupasan pada tiap blok. Optimasi hanya dilakukan dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel yang dihasilkan dari estimasi volume model blok yang sebelumnya telah dibuat. Data yang diperlukan untuk menentukan batas *pit* adalah nama-nama setiap blok, volume total tiap-tiap blok, tonase batubara, dan volume total lapisan tanah penutup.

Optimalisasi desain *pit* dengan aplikasi Microsoft Excel akan memudahkan untuk membatasi blok-blok yang memiliki batasan nisbah pengupasan yang direncanakan. Selain itu juga memudahkan untuk mendapatkan taksiran nilai nisbah pengupasan pada desain *pit* yang akan dibuat. Nilai nisbah pengupasan yang direncanakan nisbah pengupasan yaitu di bawah 8. Daerah yang memiliki taksiran nilai nisbah pengupasan yang telah ditentukan perusahaan ditunjukkan oleh blok-blok area dengan warna biru yaitu blok yang mempunyai nilai kurang dari 8.

Langkah selanjutnya menentukan batas *pit* yang optimal dengan cara menyatukan blok-blok tersebut ke dalam perencanaan desain *pit* dengan bantuan sistem komputer.

Hasil Estimasi Sumber Daya, Cadangan dan Nisbah Pengupasan

Metode poligon digunakan untuk estimasi sumber daya batubara, yaitu dengan cara estimasi luas dari per-blok solid. Estimasi tersebut dilakukan dengan menentukan batasan yang menjadi parameter estimasi, batasan untuk mengestimasi volume batubara, serta total *waste* berupa topografi (*surface*) sebagai batas atas dan desain *pit* sebagai batas bawah. Estimasi solid pada blok akan dipisahkan antara jumlah volume blok keseluruhan, massa batubara dan volume lapisan tanah penutup yang dibongkar. Dalam penelitian ini digunakan blok solid bernama BB__(Nama Blok), yang memuat:

“Code”, menunjukkan kodefikasi lapisan tanah yang terdiri dari volume tanah penutup dan tonase batubara pada 20 titik bor;
 “OB”, menunjukkan volume tanah penutup, BCM;
 “Coal”, menunjukkan tonase batubara, MT; dan
 “SR”, menunjukkan angka perbandingan volume tanah penutup dengan tonase batubara

Hasil estimasi pada 20 titik bor yang berada di daerah penelitian (Gambar 3), diperoleh nilai sumber daya batubara terukur (yang ditentukan berdasarkan jarak antar titik bor di bawah 200 m (SNI 5015:2019) dan adanya kemenerusan lapisan batubaranya), yaitu sebesar 187.840.820 MT dengan lapisan tanah penutupnya sebesar 167.084.176 BCM seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Estimasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara

No	Parameter	Satuan	Sumber Daya Terukur	Cadangan Terbukti
1	Volume Batubara	M ³	144.492.939	64.959.444
2	Tonase Batubara	MT	187.840.820	84.447.277
3	Volume Tanah Penutup	BCM	167.084.176	280.320.139

Sumber: Husni, 2024. diolah kembali

Adapun nilai nisbah pengupasan hasil estimasi cadangan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Nisbah pengupasan} &= \text{Volume lapisan} \\ \text{tanah penutup : Tonase batubara} &= \frac{280.320.139}{84.447.277} = 3,3\end{aligned}$$

Dengan nisbah pengupasan sebesar 3,3, berarti angka ini berada di bawah rekomendasi perusahaan, yaitu maksimal 8,0. Ini menunjukkan batasan *pit* tersebut layak untuk didesain karena diperkirakan akan menguntungkan perusahaan.

Desain Penambangan

Dalam melakukan kegiatan penambangan, geometri suatu lereng seperti tinggi dan kemiringannya perlu ditentukan untuk mengoptimalkan penggalan batubara, serta tetap memperhatikan keselamatan kerja (Supandi dkk, 2023). Faktor utama penentu geometri lereng adalah struktur geologi, sifat fisik dan mekanik batuan, serta kondisi air. Geometri lereng yang akan ditentukan meliputi lereng individu (*single slope*) dan kemiringan lereng keseluruhan (*overall slope*).

Berdasarkan rekomendasi perusahaan/pengembang ditentukan geometri desain *pit*, yaitu sudut lereng tunggal 60° untuk *high wall* dan *side wall*. Sedangkan untuk *low wall* mengikuti perlapisan batubara dan untuk *overall slope* adalah 46°. Lebar setiap jenjang ditentukan sebesar 5 meter, kemiringan jalan 8%, dan tinggi jenjang adalah 10 meter. Dari data rekomendasi tersebut dihasilkan *pit* dengan penambangan pada elevasi ±100 pada kontur batubara hingga elevasi pada daerah topografi.

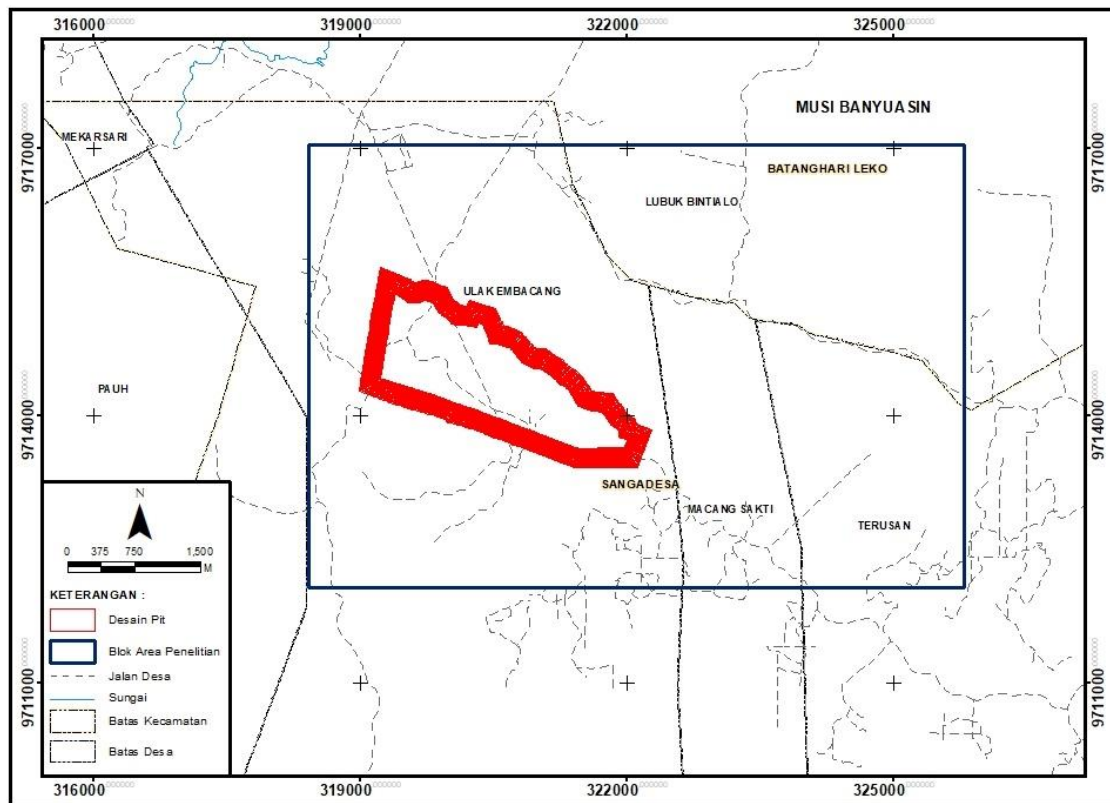
Parameter geometri desain *pit* dipilih tergantung pada target produksi dan jenis

peralatan yang digunakan. Dimensi jenjang harus mampu menjamin kelancaran aktivitas alat mekanis agar efisien dan menjamin keamanan di daerah penambangan. Standar parameter geometri untuk lebar dan tinggi jenjang tergantung kepada jenis alat mekanis; semakin besar dan berat alat yang digunakan, maka tinggi dan lebar jenjang akan lebih besar. Kemiringan (*grade*) jalan diperkirakan maksimal 10%, jika lebih besar daripada 10% dikhawatirkan akan menyulitkan alat mekanis menempuh jalan tersebut, serta konsumsi bahan bakar akan lebih besar dikarenakan jalan yang terlalu menanjak. Kemiringan jenjang yang terlalu tinggi akan memperkecil faktor keamanan jenjang tersebut, maka pemilihan kemiringan lereng tergantung pada struktur geologi, sifat fisik dan mekanik batuan serta air.

Perubahan dari sumber daya batubara terukur menjadi cadangan batubara dengan mempertimbangkan:

- faktor teknis, berupa nisbah pengupasan sebesar 3 yang berada di bawah ketentuan perusahaan sebesar 8, *overall slope* 46°, lebar jenjang 5 m, kemiringan jalan maksimal 10%, tinggi jenjang 10 m elevasi tertinggi 88 m, kedalamam *pit* 182 m, luas areal *pit* 300,54 Ha;
- faktor non-teknis: berupa keekonomian, lingkungan, sarana dan prasarana, dan lain-lain, mengikuti ketentuan yang berlaku di perusahaan pada saat studi ini dilakukan.

Berdasarkan kedua pertimbangan tersebut, maka jumlah cadangan batubara pada lokasi penelitian seperti tercantum pada Tabel 2.



Gambar 17. Desain *Pit*

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Estimasi volume cadangan batubara terbukti 64.959.444 M³ atau tonasenya 84.447.277 MT, dan total volume lapisan tanah penutup 280.320.139 BCM.
2. Nilai akhir nisbah pengupasan (*stripping ratio*) pada *pit* yang direncanakan adalah 3,3 sehingga memenuhi syarat nilai batas ekonomis yang ditetapkan perusahaan sebesar 8.
3. Setelah dibuat desain *pit* didapat *pit limit* rekomendasi untuk perusahaan, dengan elevasi tertinggi ± 88 M, kedalaman *pit* ± 182 M, dan luas area *pit* sebesar 300,54 Ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I., 1996. Diktat Kuliah: Tambang Terbuka. Institut Teknologi Bandung: Bandung
- Bargawa, W. S. 2010. Perencanaan Tambang Edisi Kelima. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta: Yogyakarta.
- Bargawa, W. S. 2018. Perencanaan Tambang Edisi Kedelapan. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta: Yogyakarta.
- Bombang H., Balfas M.D, Trides T. 2020. Estimasi Cadangan Batubara Tertambang Dengan Menggunakan Metode Triangular Grouping Pada Pit 6 PT Arini Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Mineral UNMUL.
- De Coster, G.L. 1974. The Geology of The Central and South Sumatra Basin. Indonesian Petroleum Association 3rd Annual Convention. Jakarta.
- Husni, M. 2024. Pemodelan *Pit* Penambangan Batubara Berdasarkan Penentuan *Batterblock* pada Perusahaan Tambang Batubara di Sanga Desa,

- Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Skripsi Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia. Bandung.
- Jevino, G., Shalah, D.D., & Umar, H. 2019. Perancangan *Pit* S17GS Pada PT. Kitadin Site Embalut Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, Vol. 7, No. 2, Desember 2019: 12 -19.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 26 Tahun 2018, tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Shell Mijnbouw., 1978, Explanatory Notes To The Geological Map Of The South Sumatera Coal Province, Exploration Report.
- Standar Nasional Indonesia SNI 5015:2019, Tahun 2019. Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, dan Cadangan Batubara. Badan Standardisasi Nasional 2019.
- Supandi, Hidayatullah Sidiq, Bayurohman Pangacella Putra. 2023. Buku Ajar Perencanaan Tambang. Yogyakarta.
- Ventyx Minescape versi 5.7. www.tokopedia.com/minerosoftvirtual