

ESTIMASI CADANGAN BATUBARA TERTAMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRIANGULAR GROUPING PADA PIT 6 PT ARINI KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

*(Estimation of Coal Reserves with Using Triangular Grouping Method in
Pit 6 PT. Arini, Kutai Kartanegara District Kalimantan Timur Province)*

Harold Bombang¹, Muh. Dahlan Balfas², Tommy Trides¹
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman¹
Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman²
hbombang@ymail.com

Abstrak

Dalam dunia pertambangan, perhitungan cadangan merupakan hal yang paling penting menentukan dalam kegiatan eksplorasi. Hasil perhitungan cadangan batubara dibutuhkan untuk mengevaluasi nilai ekonomis dari sebuah kegiatan penambangan yang akan direncanakan. Pengamatan data yang mendasar dalam perhitungan cadangan adalah sesuai dengan tingkat dan ketelitian dalam mengambil data. Oleh karena itu, agar kegiatan penambangan dapat dilakukan dengan mudah maka diperlukan *software Mincom Minescape 4.118* yang dapat mempermudah dalam perhitungan dan permodelan. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu menghitung cadangan batubara dengan metode *Triangular Grouping*. Pada penelitian ini perolehan batubara didapat dengan menghitung jumlah volume yang terdapat diantara dua permukaan, *floor* batubara dan permukaan, dalam bentuk *triangle*. Hasil yang didapatkan adalah cadangan batubara sebesar 1,479,671 MT dan volume tanah penutup sebesar 5,193,067.70 BCM dengan nilai *stripping ratio* 3.51 : 1. Pada penelitian ini, meskipun tidak menggunakan metode model blok, atau dalam *minescape* disebut dengan *batterblok*, namun peneliti membuat pembagian jumlah cadangan menjadi beberapa blok, yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk melakukan *scheduling* produksi dan menentukan target produksi.

Kata Kunci : *Triangular Grouping, Cadangan, Overburden, Stripping Ratio*

Abstract

In the world of mining, calculation of reserves is the most decisive in exploration activities. The results of calculation of coal reserves are needed to evaluate the economic value of a mining activities will ne planned. The observation data are fundamental in the calculation of reserves is in accordance with the level and thoroughness in taking data. Therefore, so that mining activities can be done easily it is necessary minescape 4.118 Mincom software that can simplify the calculations and modeling. The purpose of the writing of this thesis is to calculate the coal reserves with using triangular grouping method. In this study coal acquisition was obtained by calculating the amount of volume between two surfaces, the coal floor and the surface, in the form of a triangle. The results obtained are coal reserves of 1,479,671 MT and volume of cover soil (overburden) for 5,193,067.70 BCM with stripping ratio 3.51 : 1. In this study, although it does not use the block model method, or in Minescape it is called batterblock, but the researcher makes the division of reserves into several blocks, which can be used as a consideration for scheduling production and determining production targets.

Keywords: *Triangular Grouping, Reserves, Overburden, Stripping Ratio*

PENDAHULUAN

Kegiatan Penambangan merupakan suatu kegiatan untuk mengambil endapan berharga yang ada di dalam bumi. Dalam suatu kegiatan penambangan untuk memperoleh sasaran dan tujuannya di perlukan suatu perencanaan tambang.

Pada kegiatan penambanganpun ada beberapa tahapan penting yang dilakukan salah satunya adalah eksplorasi, dimana kegiatan ini sangat berpengaruh terhadap permodelan bentuk

endapan serta nilai dari cadangan. Salah satu hal yang penting dalam tahapan eksplorasi adalah perhitungan cadangan.

Dalam perhitungan cadangan terdapat beberapa metode perhitungan yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode *inverse distance weighted* dimana metode ini dapat menaksirkan dengan baik bentuk permodelan endapan batubara yang berasal dari informasi yang didapat dari data pengeboran batubara. Sedangkan untuk perhitungan dari jumlah

cadangan batubara sendiri digunakan metode *Triangle Grouping*. Pada cara ini setiap blok dibentuk oleh tiga titik bor terdekat demikian hingga secara tigadimensi blok tersebut berbentuk prisma terpancung dengan sisi prisma adalah kedalamanketiga titik bor tersebut.

Perkembangan kemajuan teknologi sekarang ini khususnya dibidang pertambangan semakin banyak program berbasis komputerisasi yang dapat membantu pekerjaan perhitungan jumlah cadangan dan berbagai jenis desain penambangan. Program tersebut diciptakan untuk menunjang pekerjaan dengan tidak merubah konsep dasar dan filosofi perhitungan itu sendiri.

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui jumlah potensial cadangan batubara didaerah penelitian, dan menghasilkan perkiraan lokasi serta batas pit potensial dalam tahapan perencanaan penambangan dan produksi batubara.

Stratigrafi Regional

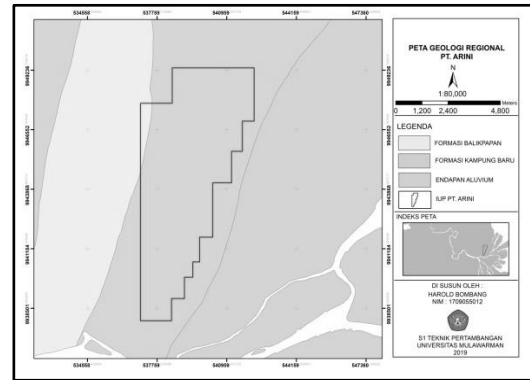
Cekungan Kutai terbagi menjadi 3 (tiga) zona fisiografi, yakni : zona fisiografi delta mahakam purba di bagian timur. Zona fisiografi punggung bergelombang (antiklinorium samarinda) di bagian tengah zona daratan berawa di bagian barat. Satuan litostratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 6 (enam) formasi dengan urutan dari yang tua ke muda (Supriatna S, dkk, 1995). Berikut adalah formasi-formasi yang terdapat di daerah penelitian:

Formasi Balikpapan (Tmbp)

Terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung dengan sisipan serpih, batugamping, batulanau, dan batubara. Batupasir gampingan mengandung foraminifera kecil, disisipi lapisan tipis karbon. Lempung, setempat mengandung sisa – sisa tumbuhan dan oksida besi mengisi rekahan – rekahan setempat mengandung lensa – lensa batupasir gampingan Umur Formasi ini adalah Miosen Akhir bagian bawah – Miosen Tengah bagian atas, dengan ketebalan berkisar 1000 - 3000 m. Formasi ini terbentuk dalam lingkungan pengendapan paras delta hingga dataran delta.

Formasi Kampungbaru (Tmbp)

Terdiri dari batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, lanau, konglomerat dengan komponen kuarsa, kalsedon, serpih dan lempung, aneka bahan: lignit (tebal 1-2m), gambut dan oksida besi. Umur Formasi ini adalah Pliosen, dengan ketebalan formasi $\pm 250 - 900$ m dan diendapkan pada lingkungan pengendapan delta .



Gambar 1. Peta Geologi Regional

Penaksiran Cadangan Batubara

Sulistiyana (2010) menyatakan bahwa suatu taksiran cadangan harus mencerminkan secara tepat kondisi geologis dan karakter/sifat mineralisasi, serta sesuai dengan tujuan evaluasi. Suatu model cadangan yang akan digunakan untuk perancangan tambang harus konsisten dengan metode penambangan dan teknik perencanaan tambang yang diterapkan. Taksiran yang baik harus didasarkan pada data faktual yang diolah secara obyektif. Keputusan dipakai atau tidaknya suatu data permodelan harus diambil dengan pedoman yang jelas dan konsisten. Pembobotan data yang berbeda harus dilakukan dengan dasar yang kuat. Metode permodelan yang digunakan harus memberikan hasil yang dapat di uji ulang atau verifikasi.

Metode Penaksiran

Menurut Suyono dan Winanto (2010) metode penaksiran yang dapat diterapkan untuk bahan galian industri cukup banyak diantaranya adalah:

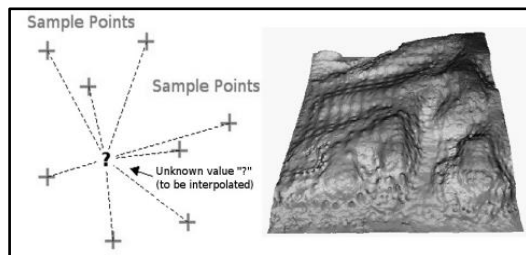
1. Metode Luas dan Faktor rata-rata
Merupakan metode rata-rata perhitungan ketebalan dan kadar dengan rata-rata hitung dan rata-rata pembobotan.
2. Metode penampang
Beberapa contoh metode penampang adalah metode penampang tegak dan metode penampang mendatar (kontur)
3. Metode Analitik
Beberapa contoh metode analitik yaitu metode segitiga atau metode poligon.
4. Metode Blok Reguler
Dapat dipilih blok berdasarkan titik sampel ataukah blok ukuran tetap yang dapat diselesaikan dengan *inverse distance*.

Hasil penaksiran sumberdaya dan cadangan memiliki nilai yang berbeda-beda, hal ini tergantung dari metode yang digunakan dan juga

tidak terlepas tujuan pelaksanaannya. Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka paling tidak penaksiran dilakukan dengan satu metode tetapi dengan dua cara perhitungan. Metode yang sering digunakan pada penaksiran sumberdaya dan cadangan adalah metode penampang (*cross section*), metode NNP (*nearest neighbor polygon*), metode *inverse distance weighted* (IDW) dan *kriging*. (Waterman Sulistyana,2010)

Metode Seperjarak

Menurut Suyono dan Winanto (2010) Metode seperjarak adalah salah satu cara penaksiran berdasarkan kerangka model blok. Kadar suatu blok merupakan kombinasi linear atau harga rata-rata tertimbang dari komposit lubang bor disekitar blok tersebut dan komposit yang berada didekat dengan blok memiliki kemiripan nilai yang reatif baik dibandingkan dengan yang lebih jauh.



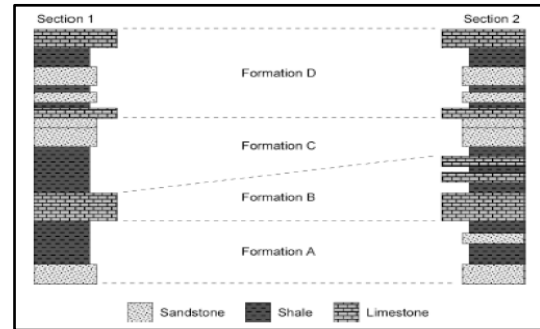
Gambar 2. Metode Seperjarak

Korelasi Stratigrafi

Menurut Sukandarrumidi (2011) korelasi diartikan menghubungkan titik-titik pada dua kolom stratigrafi atau lebih yang mempunyai kesamaan umur geologi. Perlu ditekankan bahwa, istilah korelasi mengandung makna harus mempunyai umur geologi yang sama.

Litokorelasi (*Lithocorrelation*)

Sukandarrumidi (2011) berargumen bahwa litokorelasi (*lithocorrelation*) merupakan pengungkapan kemiripan litologi dan posisi *stratigrafi*. Litologi ialah pembelajaran dan deskripsi dari karakteristik fisik batuan khususnya pada batuan tempel dan di singkapan, sedangkan *stratigrafi* adalah ilmu yang mempelajari tentang lapisan batuan dan hubungan lapisan batuan satu dengan lainnya, yang bertujuan untuk mendapatkan pengetahuan tentang sejarah bumi. Penelurusan langsung satuan *litostratigrafi* dari satu lokasi ke lokasi lain merupakan satu-satunya metode yang dapat memberikan informasi yang sangat meyakinkan mengenai ekivalensi satuan tersebut. Metode korelasi ini hanya dapat diterapkan apabila strata yang diteliti tersingkap secara menerus atau hampir menerus.



Gambar 3. Korelasi Litostratigrafi

Pengertian Batubara

Menurut Arif (2014), Batubara merupakan salah satu energi di dunia. Batubara adalah campuran yang sangat kompleks dari zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen, dan hydrogen dalam sebuah rantai karbon. Menurut undang-undang no.4 tahun 2009 tentang mineral dan batubara, batubara merupakan endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh-tumbuhan dan bisa terbakar.

Sumberdaya Batubara

Sumber daya batubara adalah bagian dari endapan batubara dalam bentuk dan kuantitas tertentu serta mempunyai prospek yang memungkinkan untuk ditambang secara ekonomis. Lokasi, kualitas, kuantitas, karakteristik geologi, dan kemenerusan dari lapisan batubara yang telah diketahui, diperkirakan, atau diinterpretasikan dari bukti geologi tertentu.

Cadangan Batubara

Cadangan batubara (*coal reserves*) adalah bagian dari sumberdaya batubara terunjuk dan terukur yang dapat ditambang secara ekonomis. Estimasi cadangan batubara harus memasuki perhitungan *dilution* dan *losses* yang muncul pada saat batubara ditambang. Penentuan cadangan secara tepat termasuk dalam bagian studi kelayakan. Penentuan tersebut harus telah mempertimbangkan semua faktor yang berkaitan seperti metode penambangan, ekonomi, pemasaran, legal, lingkungan, sosial, dan peraturan pemerintah. Penentuan ini harus dapat memperlihatkan bahwa saat laporan dibuat, penambangan ekonomis dapat ditentukan secara memungkinkan.

Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara

Sumberdaya dan cadangan diklasifikasikan berdasarkan tingkat keyakinan geologinya serta kelayakan ekonomi dalam SNI 5015-2011 :

Sumberdaya batubara:

1. Sumberdaya batubara tereka
2. Sumberdaya batubara terunjuk
3. Sumberdaya batubara terukur

Cadangan batubara

1. Cadangan batubara terkira
2. Cadangan batubara terbukti



Gambar 4. Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara (SNI 5015: 2011)

Menurut Sukandarrumidi (1995), salah satu hal yang menentukan dalam pengusahaan batubara adalah besaran potensi cadangan (*reserves*) batubara di daerah bersangkutan. Beberapa terminology cadangan (*reserves*) adalah sebagai berikut:

1. Cadangan tertambang (*mineable in-situ reserves*)
2. Cadangan terambil (*recoverable reserves*)

Data Dasar untuk Permodelan dan Perhitungan Sumberdaya Batubara

Data-data dasar yang digunakan dalam permodelan dan perhitungan sumberdaya batubara pada umumnya terdiri dari 3 (tiga) bagian yaitu: peta topografi, peta geologi atau penyebaran batubara, dan data pengeboran menurut Komang, dkk (2005).

1. Peta topografi

Skala peta topografi yang digunakan untuk perhitungan sumberdaya batubara pada umumnya berkisar antara 1:5.000 sampai 1:2.000. Untuk keperluan studi kelayakan peta topografi disyaratkan harus mempunyai skala 1:2.000 sesuai dengan Kepmen ESDM Nomor: 1453 K/29/MEM/2000

2. Peta geologi dan *cropline* batubara

Peta geologi atau tepatnya peta penyebaran *cropline* batubara yang diplot pada peta topografi di atas berguna untuk merekonstruksi blok-blok sumberdaya batubara. Blok-blok tersebut disusun dan dibatasi berdasarkan kenampakan struktur geologi dan penyebaran singkapan batubara. Dalam peta geologi *cropline* harus dibuat berdasarkan data-data singkapan yang diperoleh. Apabila data singkapan hampir tidak ada maka

cropline dapat dibuat dengan menggunakan data pengeboran.

3. Data pengeboran

Selain peta penyebaran titik bor, data-data pengeboran yang perlu ditampilkan meliputi: koordinat titik bor, elevasi titik bor, sudut kemiringan pengeboran (jika melakukan bor miring), total kedalaman, serta data logbor yang terutama menunjukkan posisi (kedalaman), deskripsi dan ketebalan batubara serta batuan lainnya. Pada umumnya pengeboran eksplorasi untuk endapan batubara dilakukan dengan bor *coring*. Jika tidak maka data pengeboran harus dilengkapi dengan *logging* geofisika untuk meyakinkan kondisi dan jenis batuan di sepanjang lubang bor. Data lubang bor dapat dilengkapi juga dengan data paritan atau uji sumuran.

Kesalahan Umum Permodelan Geometri Endapan

Menurut Sudarto, dkk (2005) dalam perhitungan cadangan sangat dituntut keakuratan yang tinggi khususnya dalam penentuan batas luar zona bijih yang akan sangat berpengaruh terhadap tahapan perancangan tambang. Kelemahan dalam penentuan lokasi dan batas endapan akan menyebabkan ketidakpastian dalam mengevaluasi endapan dan kemungkinan permasalahan pada tahapan produksi. Ketidakpastian disebabkan oleh beberapa kesalahan yang dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Ketidakakuratan terhadap data sebenarnya, misalnya kesalahan penentuan lokasi bor, kesalahan asumsi kemenerusan, dll.
2. Kesalahan *sampling* dan analitik, misalnya ketidakpastian batas bijih karena tidak presisinya penaksiran kadar
3. Kesalahan karena variasi alamiah, misalnya batas bijih yang tidak rata dan berkelok-kelok
4. Kesalahan dalam entri data, misalnya kesalahan memasukkan informasi dalam database
5. Kesalahan komputer, misalnya ketidakpastian yang berhubungan dengan paket *software* yang masih mengandung *bug* yang belum teridentifikasi atau tidak fleksibelnya *software* karena kasus yang khusus.

Ketidakakuratan terhadap data sebenarnya dapat diminimalkan dengan karakteristik endapan yang akan semakin dapat diketahui secara detil dengan semakin rincinya kegiatan eksplorasi atau perolehan data selama proses penambangan. Dalam melakukan interpolasi, model geologi diasumsikan mempunyai kemenerusan yang *smooth* di antara dua titik informasi. Semakin

dasar dari nisbah kupas (*stripping ratio*). Secara umum *stripping ratio* didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah tanah penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan satu ton batubara. Faktor *rank*, kualitas, nilai kalori dan harga jual menjadi sangat penting dalam perumusan nilai *stripping ratio*. Rumusan umum yang sering digunakan untuk menyatakan perbandingan ini menurut Hustrulid & Kuchta (2013).

$$\text{Stripping Ratio} = \frac{\text{Lapisan tanah penutup (BCM)}}{\text{Batubara (Ton)}}$$

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penulisan yaitu dengan pendekatan masalah yang berupa pengambilan bahan, baik berupa dasar teori maupun data-data objek yang diamati. Adapun tahapan dalam pengerjaan sebagai berikut:

Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan peneliti membagi tahapan sebelum dilaksanakannya penelitian yaitu:

Studi pendahuluan

Merupakan proses awal sebelum berlangsungnya penelitian dimana dalam tahap ini peneliti menyusun proposal penelitian, mencari referensi bahan berupa buku, jurnal dan referensi penelitian yang terdahulu.

Identifikasi Masalah

Dalam tahap ini dilakukan identifikasi terhadap masalah-masalah yang terjadi. Pada saat tahap ini dilakukan, peneliti juga melakukan studi literatur untuk mendapatkan tinjauan pustaka yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi sehingga dapat menunjang dalam penyelesaian penelitian yang dilakukan.

Batasan Masalah

Setelah tahap identifikasi masalah dilakukan maka tahap selanjutnya adalah membuat batasan masalah. Tahap ini dilakukan dengan tujuan agar permasalahan yang akan diteliti tidak menyimpang terlalu jauh dari masalah utama yang akan diteliti.

Tujuan Penelitian

Pada tahap ini, peneliti menentukan apa saja tujuan yang ingin dicapai, dari penelitian yang akan dilakukan. Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Mengetahui jumlah cadangan batubara tertambang pada daerah penelitian
- b) Mengetahui volume tanah penutup (*overburden*) pada daerah penelitian.

- c) Mengetahui Nisbah Pengupasan (*Stripping Ratio*) pada daerah penelitian.

Tahap Penelitian

Pada tahap pengumpulan data ini, peneliti mengidentifikasi data yang dibutuhkan menjadi dua jenis data, yaitu:

Data Primer

Data ini merupakan data yang peneliti peroleh dari observasi langsung ke lapangan pada saat penelitian, atau data yang dihasilkan dari suatu observasi. Data primer yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

- a) Data titik bor dan survey yang diperoleh dari perusahaan dalam format Microsoft Excel, kemudian peneliti merubah format data tersebut kedalam bentuk yang bias diolah perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diambil secara tidak langsung, data sekunder berfungsi sebagai pelengkap dan penunjang di dalam penelitian atau data yang sudah didokumentasikan oleh orang lain. Adapun data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Data koordinat batas wilayah
2. Topografi
3. Data bor dan survey
4. Geometri pit
5. Request level

Studi literatur

Studi literatur didapat dari buku referensi, peraturan pemerintah dan kepmen, dan buku dengan standar nasional indonesia. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan bahan acuan yang akan digunakan dalam pengolahan data.

Tahap Analisis dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, data-data yang telah diperoleh oleh peneliti diolah dengan beberapa langkah seperti mengimport data titik bor kedalam perangkat lunak, membuat permodelan geologi batubara dan membuat desain pit.

Tahap Pembahasan

Setelah dilakukan pengolahan data, tahap selanjutnya adalah menghitung jumlah cadangan batubara, jumlah *overburden*, dan nilai *stripping ratio*.

Tahap Penutup

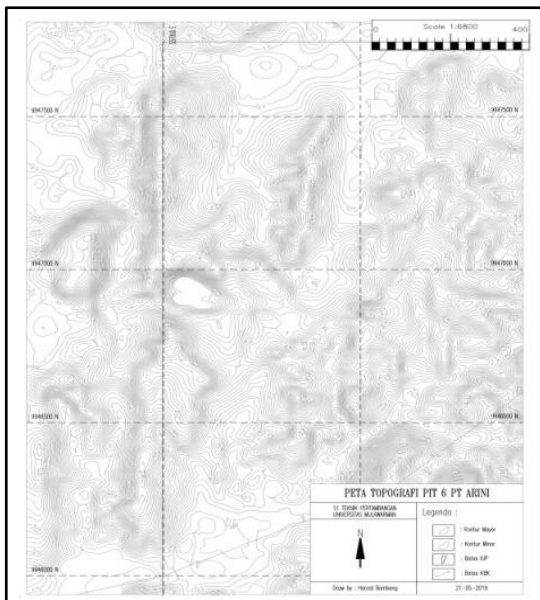
Setelah dilakukan analisa data maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pembahasan. Sehingga dari hasil analisis perhitungan kealayaan investasi tersebut dapat ditarik kesimpulan mengenai apa yang telah didapat pada

penelitian ini, serta memberikan saran-saran pada pihak perusahaan mengenai apa yang sebaiknya mereka lakukan demi menjaga keuntungan yang dimiliki.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Topografi Areal Penelitian

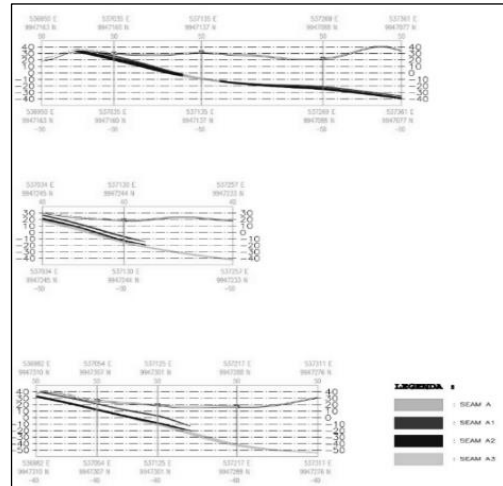
Pada peta topografi daerah variasi topografi terdiri dari daerah perbukitan memperlihatkan kontur yang rapat sedangkan dataran rendah memperlihatkan kontur yang tidak rapat, variasi ketinggian 10 meter sampai 65 meter di atas permukaan laut. Kemiringan lereng atau lahan pada daerah penelitian sangat bervariasi, tetapi didominasi kemiringan 25-40% (masuk dalam kategori curam).



Gambar 6. Peta Topografi Daerah Penelitian

Korelasi Batubara

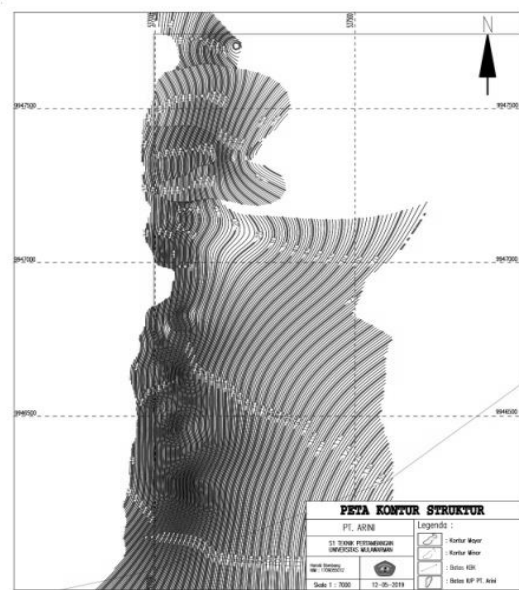
Pada daerah penelitian, terdapat 4 lapisan (seam) batubara, yaitu seam A, A1, A2, A3. Metode yang digunakan adalah korelasi lithostratigrafi, sehingga didapatkan hasil yaitu 4 seam batubara. Pada daerah penelitian, lapisan tanah penutup batubara terdiri dari batu pasir, batu lempung, kemudian batubara. Seam A1 dan A2 dipisahkan oleh lapisan interburden, dengan seam A sebagai seam utama. Cross section dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Cross Section Lapisan Batubara

Model Endapan Seam Batubara

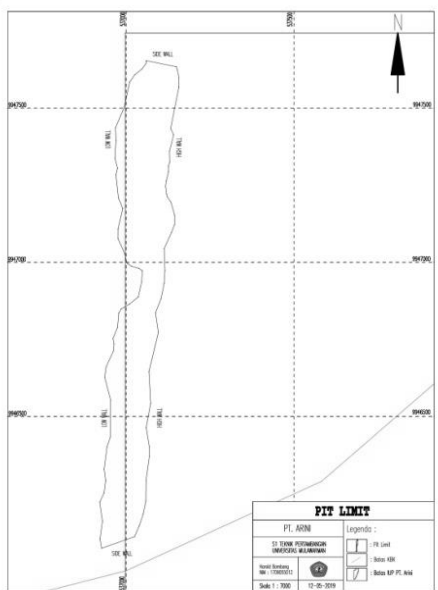
Berdasarkan data lubang bor yang ada permodelan geologi menghasilkan seam A, A1, A2 dan A3. Penelitian yang dilakukan berkonsentrasi pada daerah pit 6, sehingga sebaran titik bor hanya berada disekitar daerah pit 6. Peta sebaran titik bor dan kontur struktur batubara daerah penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Kontur Struktur All Seam

Penentuan Pit Limit

Penentuan pit limit dimulai dari mengambil garis *cropline seam* batubara terluar, yang akan menjadi low wall. Kemudian dengan rekomendasi perusahaan, untuk elevasi terendah adalah -12 m, dengan mengambil dari garis kontur struktur pada elevasi tersebut yang akan menjadi batasan high wall. Pit limit daerah penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Pit Limit

Rancangan Desain Pit

Pengerjaan pembuatan desain pit dilakukan dengan batasan dari pit limit yang telah dijelaskan sebelumnya. Geometri pit adalah tinggi jenjang 6 meter, lebar jenjang 3 meter dan sudut single slope 45° sesuai dengan rekomendasi perusahaan.

Hasil Perhitungan Cadangan Batubara Tertambang

Dari permodelan hingga perhitungan cadangan yang telah dilakukan, dengan mempertimbangkan *losing factor* atau factor kehilangan, dan pada prakteknya dalam permodelan dilakukan pengurangan 0.1 m / 10 cm pada setiap floor dan roof lapisan batubara, atau pada setiap seam, terjadi kehilangan sebanyak 20 cm. Serta tentunya memperhatikan berat jenis batubara, dalam hal ini dikalikan dengan 1.3 untuk jumlah cadangan batubara. Mekan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Cadangan dan Overburden

No.	Total Mass Coal (MT)	Volume OB (BCM)	Striping Ratio
1	1,479,671	5,193,067	3.51

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah di lakukan, maka di dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah cadangan batubara tertambang pada daerah penelitian (Pit 6 PT. Arini) adalah 1,479,671 MT.
2. Volume tanah penutup (*overburden*) pada daerah penelitian (Pit 6 PT. Arini) adalah 5,193,067.70 BCM.
3. Nilai nisbah pengupasan (*striping ratio*) pada daerah penelitian (Pit 6 PT. Arini) adalah 3.51, artinya untuk mendapat 1 MT batubara perlu dilakukan pengupasan *overburden* sebanyak 3.51 BCM.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, Irwandi. 2014. *Batubara Indonesia*. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 2011 (5015:2011). *Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara*.

Sukandarrumidi, 2011, *Pemetaan Geologi*, Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada, *University Press*.

Waterman, S. 2010. *Perencanaan Tambang*. Anugerah Print. Yogyakarta.

Anggana, Komang., Syafrizal., & Agus Haris W. 2005. *Diktat Kuliah TE-4211 Eksplorasi Batubara*. Institut Teknologi Batubara. Bandung.

Notosiswoyo, Sudarto., Syafrizal Lilah., Muhammad Nur H., & Agus Haris W. 2005. *Diktat Mata Kuliah Metode Perhitungan Cadangan TE-3232*. Institute Teknologi Batubara. Bandung.

Hartman L. Howard and Mutmanky M. Jan. 2002. *Introduction Mining Engineering 2nd Edition*. USA.

Hustrulid, W., Kutcha, M., and Martin R. 2013. *Open Pit Mine Planning and Design Volume 1-Fubdamentals 3rd Edition*. CRC Press/Balkema. Rotterda. Brookfield.

Suyono dan Winanto, M., 2010, *Buku Panduan Praktek Tambang Terbuka 2010*, Yogyakarta: Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta.

Fakultas Teknik-Unmul, 2014, *Panduan Tugas Akhir, Skripsi, dan Praktek Kerja Lapangan*.