

# Redesain Rancangan *Ultimate Pit* Dengan Menggunakan Software Minescape 4.118 Di *Pit* S41 PT. Energi Batu Hitam Kecamatan Muara Lawa & Siluq Ngurai, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur

Devit Aswandi<sup>1\*</sup>, Dedi Yulhendra<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Pertambangan FT Universitas Negeri Padang

\*devitaswandi@yahoo.co.id.

\*\*dediyulhendra@ft.unp.ac.id

**Abstract.** The research was conducted at PT. Energi Batu Hitam in Muara Lawa and Siluq Ngurai, West Kutai, East Kalimantan. Currently the company has compiled a pit design with SR 1: 22 parameters which are assisted by a consultant PT. Runge Indonesia, the rest is the selling price of coal which is not yet in line with current coal prices. The ultimate pit design alternative is needed in accordance with the economic prices so that alternative alternatives in some SR scenarios are 15, 17 and 20. Based on the geotechnical recommendations from PT.EBH, the planned single slope geometry is a 10 meter level height, 65° slope for sidewall and highwall and 30° slope for lowwall. The width of the slope is 5 meters with an overall slope of 45°. The measured results of the calculation are 1.949.132,91 tons of coal, in the SR 15 pit area 9.92 Ha obtained reserves of 84.075, 13 tons of coal and overburden volume 1.270,539,44 Bcm, on SR 17 the pit area was 15,04 Ha and mine reserves were 138.966,26 tons and overburden volume was 2.387.242,30 Bcm, on SR 20 the pit area was 24,87 Ha, and mine reserves were 291.314,81 tons and overburden volume 5.867.208,26 Bcm.

**Keywords:** Pit Limit, Slope geometry, reserves, Stripping Ratio, Slope

## 1. Pendahuluan

PT. Energi Batu Hitam selaku pemegang Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi berdasarkan keputusan Bupati Kutai Barat nomor 545/K.473a/2010 dengan luas 5.000 Ha berlokasi di Kecamatan Muara Lawa dan Siluq Ngurai, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur, telah melakukan kegiatan eksplorasi, dan selanjutnya perusahaan akan melakukan penambangan.

Salah satu aspek terpenting dalam perencanaan tambang adalah perancangan (desain) *pit* tambang, perancangan *pit* tambang dilakukan setelah tahap eksplorasi dan studi konseptual dilakukan<sup>[1]</sup>, beberapa elemen penting pada perancangan tambang adalah penentuan batas akhir tambang, bentuk *pit* tambang, geometri penambangan dan rancangan *sequence* penambangan<sup>[2]</sup>. Perencanaan penambangan merupakan bagian dalam perencanaan tahapan penambangan sebagai faktor yang sangat penting ditentukan sebelum rencana aktual penambangan dimulai<sup>[3]</sup>. Perancangan *pit* pada sebuah tambang terbuka salah satunya ditekankan pada perancangan geometri jenjang, yang dimaksud dengan geometri jenjang disini adalah ukuran jenjang yang terdiri dari lebar jenjang, tinggi jenjang,

kemiringan jenjang, dan panjang jenjang minimum pada saat penambangan<sup>[4]</sup>.

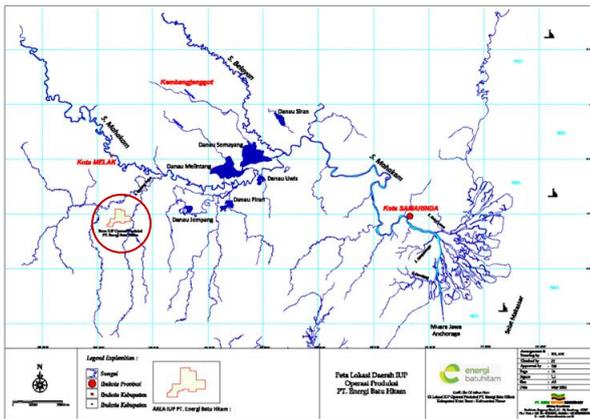
PT. Energi Batu Hitam melaksanakan kegiatan pengeboran rinci pada tahun 2008 dan selesai pada tahun 2011. Pada tahun 2012 PT. Energi Batu Hitam sudah menyusun perancangan *pit* dengan parameter tingkat keekonomisan pada SR 1 : 22 pada *pit* S41 yang dibantu oleh konsultan PT. Runge Indonesia. Awal tahun 2013 harga batubara mengalami penurunan yang signifikan sehingga dengan kondisi bahan galian batubara saat itu tidak dapat dilanjutkan kegiatan pembebasan lahan dan kegiatan penambangan. Seiring perubahan harga jual batubara rancangan *pit* tersebut sudah tidak sesuai lagi dengan harga batubara sekarang sehingga diperlukannya *alternative design ultimate pit* pada SR yang sesuai dengan harga jual/ekonomis agar perusahaan memiliki *alternative* pada beberapa skenario SR. Sesuai hasil perhitungan tingkat keekonomisan harga jual batubara yang dilakukan PT. Energi Batu Hitam didapatkan SR 15, 17, dan 20 sebagai *alternative design pit* sehingga perlu dilakukan rekonstruksi pada *design pit* S41 yang sudah dilakukan sebelumnya untuk mengetahui potensi cadangan batubara yang dapat ditambang pada lokasi tersebut.

Dalam perancangan *final pit* dapat digunakan perangkat lunak Minescape. Menurut Jhon Deboer (2006) pemilihan penggunaan *software* ini karena Minescape merupakan salah satu *software* tambang yang aplikatif pada perancangan tambang<sup>[5]</sup>. Keuntungan dari *software* ini adalah sifatnya yang fleksibel dan efisien, sehingga cocok dipakai untuk perencanaan jangka pendek dan jangka panjang pada tambang batubara.

Perangkat lunak Minescape digunakan agar mempermudah proses perancangan *pit* maupun dalam penaksiran sumberdaya dan cadangan batubara dan memilih daerah yang lebih prospek sehingga menghasilkan proses penambangan yang layak sesuai dengan batas *stripping ratio* yang ditetapkan<sup>[6]</sup>.

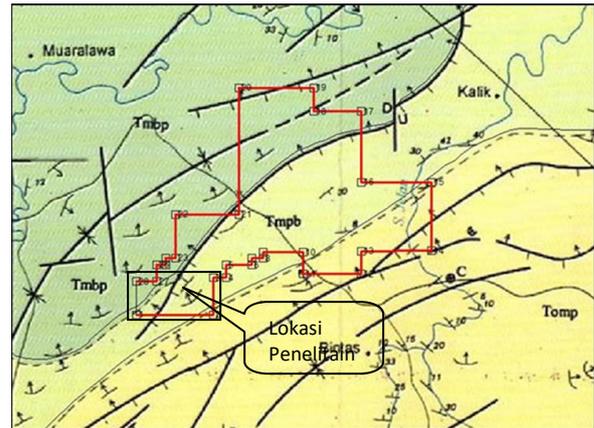
## 2. Tinjauan Pustaka

Lokasi penambangan batubara PT. Energi Batu Hitam yang dijadikan sebagai tempat penelitian secara administrasi terletak pada koordinat antara 0° 27' 16"- 0° 32' 27" Lintang Selatan (LS) dan 115° 50' 10"- 115° 53' 58" Bujur Timur (BT) di Kampung Dingin, Peninggir, Kecamatan Muara Lawa dan Kampung Kaliq, Kecamatan Siluq Ngurai, Kabupaten Kutai Barat Propinsi Kalimantan Timur.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT.EBH<sup>[1]</sup>

Berdasarkan peta geologi lembar longirang, serta data yang diperoleh dari lapangan, maka daerah penyelidikan Muara Lawa, Kp. Dingin dan Kp. Peninggir disusun oleh Formasi Balikpapan, sedangkan daerah Kp. Kaliq disusun oleh Formasi Pulubalang dan Formasi Pamaluan. Peta geologi regional daerah penyelidikan dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Geologi Regional Daerah Penyelidikan<sup>[1]</sup>

**Formasi Pulubalang (Tmpb)**, tersingkap hampir di daerah bagian tengah penyelidikan, terletak selaras di atas Formasi Pamaluan yang berada di bawahnya. Batuan yang dijumpai pada formasi ini terdiri atas batu lempung, batu pasir kuarsa, batu lempung, tuff dan sisipan batubara. Batu lanau dan batu pasir mengandung komponen kuarsa dan bahan karbonan.

**Formasi Balikpapan (Tmbp)**, dijumpai di bagian timur daerah penyelidikan dan menempati sebagian besar daerah penelitian, batuanya terdiri dari perselingan batu pasir dan batu lempung dimana batu pasir didominasi oleh kuarsa, batu pasir dengan ciri-ciri menyudut tanggung sampai membundar, butiran baik – menengah. Stratigrafi regional cekungan kutai dapat dilihat pada gambar 3

STRATIGRAFI CEKUNGAN KUTAI					
UMUR	FORMASI	TEBAL (M)	LITOLOGI	DESKRIPSI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KWARTER	HOLOSEN	-		Pasir, Lumpur, Kerikil dan Kerakal	Fluvial Lacustrine
	PLISTOSEN	-			
TERSIER	PLIOSEN	Kampung Baru (Tpkb)	900	Batupasir kuarsa dengan sisipan lanau serpih, batugamping dan lignit	Delta
	MIOSEN ATAS	Balikpapan (Tmbp)	3.000	Batupasir kuarsa, batu lumpur, lempung sisipan lanau, serpih, batugamping dan batubara	Delta
	MIOSEN TENGAH	Pulau Balang (Tmbp)	2.750	Grewake, batupasir kuarsa, batugamping batulempung, tuf dasitik, dan sisipan batubara	Darat hingga laut Dangkal
	MIOSEN AWAL	Wahau (Tomw)	2.000	Batulempung, batupasir kuarsa, batupasir lempungan, batulempung pasir dan sisipan lignit	Laut Dangkal - Darat
Oligosen	Ojoh Bilang (Tou)	500		Batulempur, btpasir, gampingan, tufan.	Laut Terbuka-Paparan
	Eosen	Batu Ayau (Tsa)	900		Batupasir, batulempur batugamping, lapisan tipis lignit/batubara.

Tanpa Skala

Sumber : Kompilasi dari Peta Geologi oleh Supriatna S. dan E. Rustandi ( 1986 ) R. Huffington Inc. ( 1980 ) dan Kompilasi dari Peta Geologi Lembar Muara Ancalong oleh S. Atmawinata, N. Ratman & Baharuddin ( 1995 )

Gambar 3. Stratigrafi Regional Cekungan Kutai<sup>[1]</sup>

### 2.1 Pemodelan Geologi

Tahap awal untuk merencanakan tambang baik jangka pendek maupun jangka panjang adalah pemodelan geologi berdasarkan database eksplorasi, tahapan

model geologi adalah analisis terhadap data eksplorasi yang dikorelasikan sehingga mencerminkan kondisi bahan galian yang berada di bawah permukaan<sup>[7]</sup>.

Dalam pemodelan geometri endapan, tingkat keyakinan ekstrapolasi data dari titik contoh didasarkan kepada karakteristik geologi suatu daerah, berdasarkan SNI 13-5014-1998 karakteristik geologi di Indonesia dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama yaitu<sup>[8]</sup> :

1. Kelompok Geologi Sederhana, Endapan batubara dalam kelompok ini umumnya tidak dipengaruhi oleh aktivitas tektonik, seperti sesar, lipatan, dan intrusi. Lapisan batubara pada umumnya landai, menerus secara lateral sampai ribuan meter, dan hampir tidak mempunyai percabangan.
2. Kelompok Geologi Moderat, Batubara dalam kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang lebih bervariasi dan sampai tingkat tertentu telah mengalami perubahan pasca pengendapan tektonik. Sesar dan lipatan tidak banyak, begitu pula pergeseran dan perlipatan yang diakibatkannya relatif sedang. Kelompok ini dicirikan pula oleh kemiringan lapisan dan variasi ketebalan lateral yang sedang serta berkembangnya percabangan lapisan batubara, namun sebarannya masih dapat diikuti sampai ratusan meter.
3. Kelompok Geologi Kompleks, batubara pada kelompok ini umumnya diendapkan dalam sistem sedimentasi yang kompleks atau telah mengalami deformasi tektonik yang ekstensif yang mengakibatkan terbentuknya lapisan batubara dengan ketebalan yang beragam.

Tingkat keyakinan geologi tersebut secara kuantitatif dicerminkan oleh jarak titik informasi (singkapan, lubang bor). Persyaratan jarak titik informasi untuk setiap kondisi geologi dan kelas sumberdayanya diperhatikan pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Jarak Titik Informasi Menurut Kondisi Geologi

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya			
		Terukur	Terunjuk	Tereka	Hipotetik
Sederhana	Jarak titik informasi	$\leq 500m$	$500 < \leq 1000m$	$1000 < \leq 1500m$	Tidak terbatas
Moderat	Jarak titik informasi	$\leq 250m$	$250 < \leq 500m$	$500 < \leq 1000m$	Tidak terbatas
Kompleks	Jarak titik informasi	$\leq 100m$	$100 < \leq 200m$	$200 < \leq 4000m$	Tidak terbatas

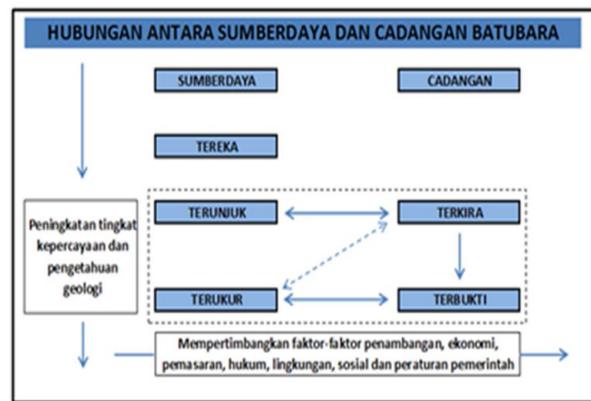
**2.2 Sumberdaya dan Cadangan Batubara**

Penentuan jumlah cadangan atau jumlah sumberdaya mineral yang mempunyai nilai ekonomis adalah suatu hal yang pertama kali perlu dikaji, Berdasarkan SNI 13-5014-1998 Sumberdaya dan Cadangan di klasifikasikan menjadi<sup>[8]</sup> :

1. Sumberdaya Batubara Hipotetik, adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan survei tinjau.
2. Sumberdaya Batubara Tereka, adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari

daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan prospeksi.

3. Sumberdaya Batubara Tertunjuk, adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi pendahuluan.
4. Sumberdaya Batubara Terukur, adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi rinci.
5. Cadangan Batubara Terkira adalah, sumberdaya batubara tertunjuk dan sebagian sumberdaya terukur, tetapi berdasarkan kajian kelayakan semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga hasil kajiannya dinyatakan layak.
6. Cadangan Batubara Terbukti, adalah sumberdaya batubara terukur yang berdasarkan kajian kelayakan semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga hasil kajiannya dinyatakan layak. Hubungan antara sumberdaya dan cadangan dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Hubungan Sumberdaya dan Cadangan Batubara<sup>[8]</sup>

**2.3 Penentuan dan Pemilihan Pit Potensial**

Penentuan dan pemilihan *pit* potensial merupakan langkah awal dalam melakukan evaluasi cadangan batubara. Penentuan *pit* potensial ini diperlukan untuk memperkirakan suatu areal sumberdaya batubara yang potensial untuk nantinya akan dikembangkan menjadi suatu lokasi *pit* penambangan. Pola umum yang dapat diterapkan untuk penentuan *pit* potensial adalah mengidentifikasi faktor-faktor pembatas yaitu struktur geologi, kondisi geografis, kondisi geologi batubara, kondisi geoteknik dan faktor pembatas lain seperti adanya jalan, perkampungan atau hutan lindung<sup>[9]</sup>.

**2.4 Batas Penambangan (Pit Limit)**

Parameter-parameter yang mempengaruhi batas penambangan (*pit limit*) untuk menghitung cadangan tertambang (*mineable*) seperti SR (*Stripping Ratio*) yang dihitung dengan pendekatan BESR (*Break Even*

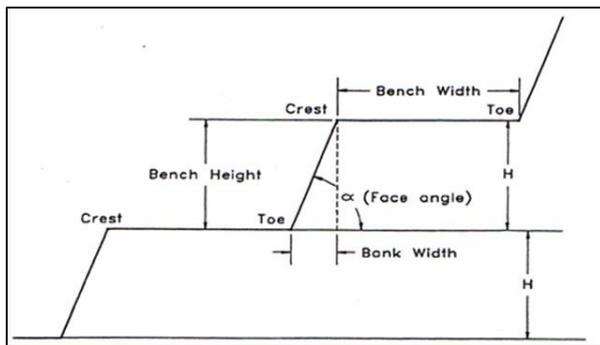
*Stripping Ratio*), geometri lereng penambangan, kondisi topografi dan geologi<sup>[9]</sup>.

## 2.5 Konsep Nisbah *Stripping Ratio*

Pengetahuan jumlah (kuantitas) batubara dan jumlah lapisan penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan per ton batubara sesuai dengan metode penambangan merupakan konsep dasar dari Nisbah Kupas (*Stripping Ratio*). Faktor kualitas dan harga jual menjadi sangat penting dalam perumusan *stripping ratio*. Secara umum, faktor utama untuk penentuan nilai ekonomis *stripping ratio* adalah jumlah cadangan batubara, volume tanah penutup serta umur tambang.

## 2.6 Aspek Geometri pada Tambang Terbuka

Cadangan batubara yang akan ditambang menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek meliputi ukuran, bentuk endapan batubara, orientasi dan faktor kedalaman dari permukaan dari cadangan batubara tersebut. Pada penambangan menggunakan sistem tambang terbuka tahapan yang dilakukan dalam perencanaan desain *pit* tambang terdapat beberapa pertimbangan geometri yang harus diperhatikan yaitu geometri jenjang (*Bench*). Pada tambang terbuka, masing-masing jenjang (*bench*) memiliki permukaan bagian atas dan bagian bawah yang dipisahkan jarak yang disebut dengan tinggi jenjang. Permukaan subvertikal yang tersingkap disebut sebagai muka jenjang. Kombinasi tersebut digambarkan dengan kaki lereng (*toe*), puncak (*crest*), dan sudut muka jenjang (*face angle*). Beberapa faktor pertimbangan dalam pembuatan geometri jenjang (*bench*) meliputi lebar *bench*, panjang *bench*, dan tinggi *bench*<sup>[4]</sup>.



Gambar 5. Bagian dari *Bench*

Kebijakan kemitampan lereng tertuang dalam Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 555.K/26/MPE/1995 Tanggal 22 Mei 1995 tentang K3 Pertambangan Umum Pasal 241. Keputusan Menteri (KEPMEN) tersebut yaitu<sup>[10]</sup>:

1. Kemiringan, tinggi dan lebar teras harus dibuat dengan baik dan aman untuk keselamatan para pekerja agar terhindar dari material atau benda jatuh.
2. Tinggi jenjang (*bench*) untuk pekerjaan yang dilakukan pada lapisan yang mengandung pasir, tanah liat, kerikil, dan material lepas lainnya harus tidak boleh lebih dari 2.5 m apabila dilakukan secara

manual, tidak boleh lebih dari 6 m apabila dilakukan secara mekanik, tidak boleh lebih dari 20 m apabila dilakukan dengan menggunakan *chamsell*, *dragline*, *bucket wheel excavator* atau alat sejenis kecuali mendapat persetujuan Kepala Inspeksi Tambang.

3. Tinggi jenjang untuk pekerjaan yang dilakukan pada material kompak tidak boleh lebih dari 6 m apabila dilakukan secara manual
4. Dalam hal penggalian dilakukan sepenuhnya dengan alat mekanis yang dilengkapi dengan kabin pengaman yang kuat, maka tinggi jenjang maksimum untuk material kompak 15 m, kecuali mendapat persetujuan Kepala Pelaksanaan Inspeksi Tambang
5. Studi kemitampan lereng harus dibuat apabila, tinggi jenjang keseluruhan pada sistem penambangan berjenjang lebih dari 15 m dan tinggi setiap jenjang lebih dari 15 m.
6. Lebar lantai teras kerja sekurang-kurangnya 1.5 kali tinggi jenjang atau disesuaikan dengan alat-alat yang digunakan sehingga dapat bekerja dengan aman dan harus dilengkapi dengan tanggul pengaman pada tebing yang terbuka dan diperiksa pada setiap gilir kerja dari kemungkinan adanya rekahan atau tanda-tanda tekanan atau tanda-tanda kelemahan lainnya.

## 2.7 Perancangan Tambang

Pada umumnya ada dua tingkat rancangan, yaitu rancangan konsep (*Conceptual Design*) dan rancangan rekayasa atau ekacipta (*engineering design*). Rancangan konsep pada umumnya digunakan untuk perhitungan teknis dan penentuan urutan kegiatan sampai tahap studi kelayakan (*feasibility Study*), sedangkan rancangan rekayasa dipakai sebagai dasar acuan atau pegangan dari pelaksanaan kegiatan sebenarnya dilapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambangan, penjadwalan produksi, dan meterial buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut itu biasanya juga diperjelas menjadi rancangan bulanan, mingguan dan harian<sup>[11]</sup>.

## 2.8 Penentuan Cadangan Tertambang

Cadangan tertambang tidak akan mungkin diperoleh 100% dari cadangan insitu, dimana akan terjadi *dilution* sepanjang tahap penambangan. Sebelum menghitung suatu nilai cadangan tertambang maka ada dua faktor yang harus dikuantifikasi, yaitu faktor pembatas cadangan dan faktor *losses* (faktor-faktor kehilangan cadangan akibat tingkat keyakinan geologi maupun akibat teknis penambangan).

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan 1 Juli s.d 31 Agustus tahun 2018. Lokasi penelitian di Kecamatan Muara Lawa dan Siluq Ngurai Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur.

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang bermaksud untuk membuat pencandraan (deskriptif) mengenai situasi-situasi atau kejadian-kejadian. dalam arti ini penelitian deskriptif itu adalah akumulasi data dasar dalam cara deskriptif semata-mata tidak perlu mencari atau menerangkan saling hubungan, men-test hipotesis, membuat ramalan, atau mendapatkan makna dan implikasi, walaupun penelitian yang bertujuan menemukan hal-hal tersebut dapat mencakup juga metode-metode deskriptif.

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Untuk proses pengumpulan data dilakukan di perusahaan PT. Energi Batu Hitam dan merujuk kepada beberapa literatur yang terkait dengan judul. Proses pengumpulan data sendiri untuk tahap awal dilakukan di perusahaan PT. Energi Batu Hitam. Data yang diambil untuk mendukung penelitian ini berupa data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diambil langsung dilapangan atau bisa juga dikatakan data yang diambil dari pengamatan langsung. Proses pengambilan data ini berupa dokumentasi keadaan lokasi penelitian. Data sekunder adalah data yang didapat tanpa mengambil langsung kelapangan. Data sekunder digunakan untuk mendukung dari proses penelitian yang akan dilaksanakan. Pada penelitian ini, sebagian besar data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Adapun data sekunder yang digunakan adalah data Minescape *projcet* EBH yang berisi schema, pemodelan geologi, data topografi, sebaran titik bor.

### 3.3 Teknik Pengolahan Data

Teknik yang dilakukan dalam analisa data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, baik itu data primer maupun data sekunder. Sehingga dari keduanya didapat penyelesaian masalah.

## 4. Hasil dan Pembahasan

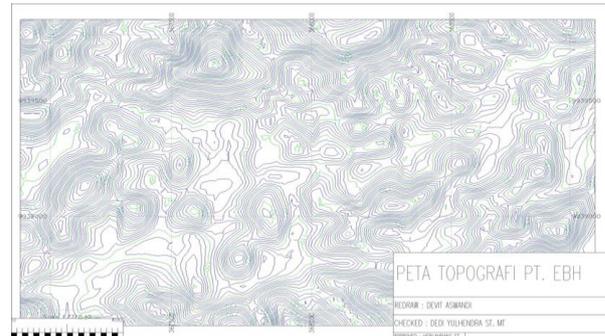
### 4.1 Topografi Daerah *Pit* S41 dan Sebaran titik Pemboran

Peta topografi dapat memudahkan dalam menggambarkan bentuk dua dimensi dari bentuk tiga dimensi rupa bumi (permukaan bumi). Data topografi juga memberikan informasi mengenai keadaan permukaan dan elevasi suatu daerah. Dalam penggunaannya, topografi dijadikan acuan atau sebagai dasar *plotting* data mengenai hal yang berhubungan dengan ruang. Maka, sebelum mendesain atau merancang suatu *pit* tambang, harus dilakukan kajian dan analisis mengenai data topografi.

Data topografi di daerah penelitian diambil dengan menggunakan metode Lidar (*Light Detection and Ranging*) merupakan sebuah teknologi sensor jarak jauh

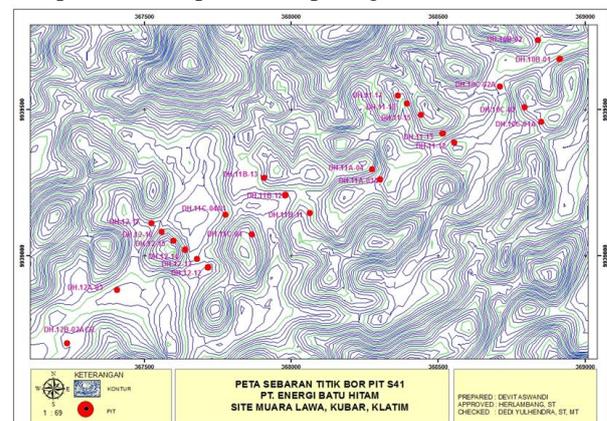
menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu obyek dari target yang dituju. Keuntungan menggunakan teknologi ini pengerjaannya relatif cepat dan biaya lebih efisien dan efektif dalam skala area lebih besar 1.000 Ha. Akurasi data Lidar bervariasi sangat tergantung pada kondisi permukaan, untuk area terbuka ketelitian bisa mencapai dibawah 5 Cm.

Keadaan topografi pada *pit* S41 blok barat PT. EBH cukup variatif dengan elevasi tertinggi 132 meter pada sisi selatan *pit* dan elevasi terendah 100 meter dari permukaan laut terdapat di tengah *pit*. Gambar 6 berikut menunjukkan gambaran topografi di *pit* S41 PT. EBH.



Gambar 6. Peta Topografi Daerah *Pit* S41

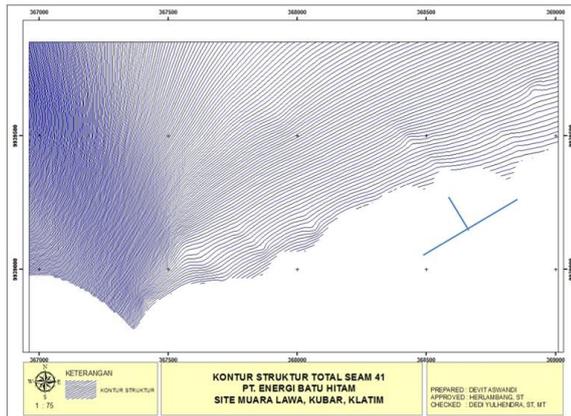
Titik pemboran di daerah *pit* S41 blok barat terdapat 33 titik pemboran dengan jarak randomnya 180 meter kearah *strike* batubara dan 50 meter kearah *dip* batubara, terdapat 4 *seam* yaitu 41, 42, 43, 44. Semua *seam* terdapat percabangan *upper* dan *lower*, sebaran titik pemboran dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Peta Sebaran Titik Pemboran

#### 4.1.1. Kontur Struktur Group Seam 41

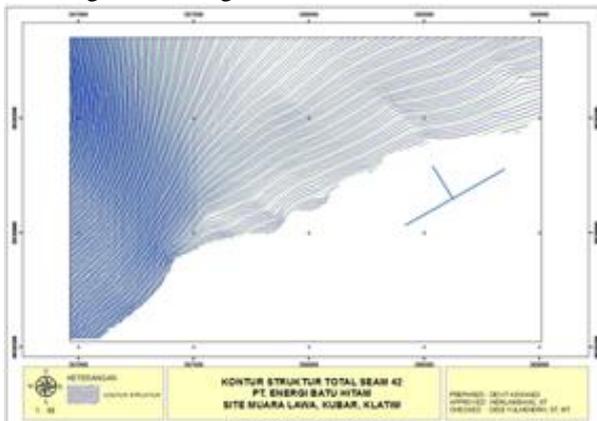
Kontur struktur *seam* 41 ada percabangan *upper seam* 41U dan *seam* 41 *lower* 41L. Jurus batubara ini mengarah dari timur laut kearah barat daya dan kemiringan  $22^{\circ}$  mengarah ke barat laut.



Gambar 8. Total Kontur Seam 41

4.1.2. Kontur Struktur Group Seam 42

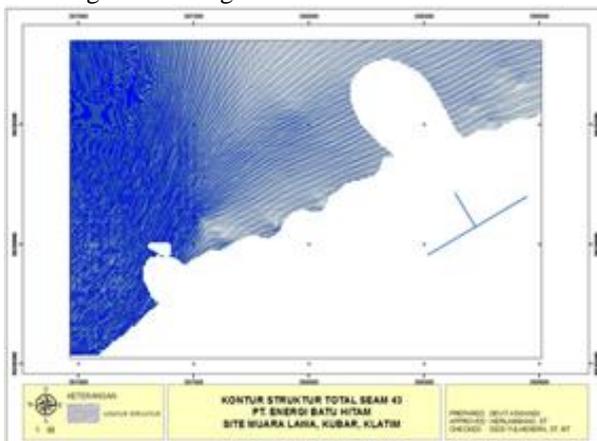
Kontur struktur seam 42 ada percabangan *upper seam* 42U dan *seam* 42 lower 42L. Jurus batubara ini mengarah dari timur laut kearah barat daya dan kemiringan 19<sup>0</sup> mengarah ke barat laut.



Gambar 9. Total Kontur Seam 42

4.1.3. Kontur Struktur Group Seam 43

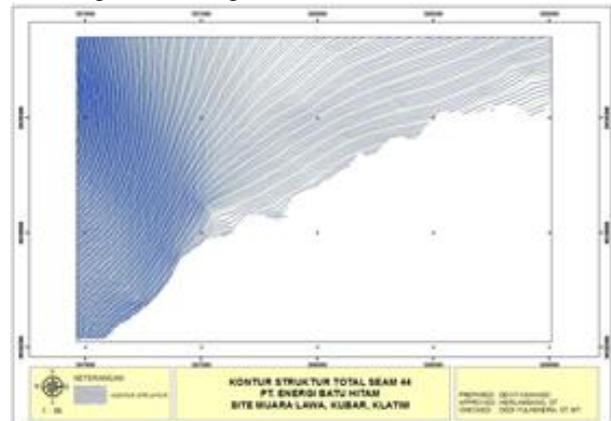
Kontur struktur seam 43 ada percabangan *upper seam* 43U dan *seam* 43 lower 43L. Jurus batubara ini mengarah dari timur laut kearah barat daya dan kemiringan 19<sup>0</sup> mengarah ke barat laut.



Gambar 10. Total Kontur Seam 43

4.1.4. Kontur Struktur Group Seam 44

Kontur struktur seam 44 ada percabangan *upper seam* 44U dan *seam* 44 lower 44L. Jurus batubara ini mengarah dari timur laut kearah barat daya dan kemiringan 20<sup>0</sup> mengarah ke barat laut.



Gambar 11. Total Kontur Seam 44

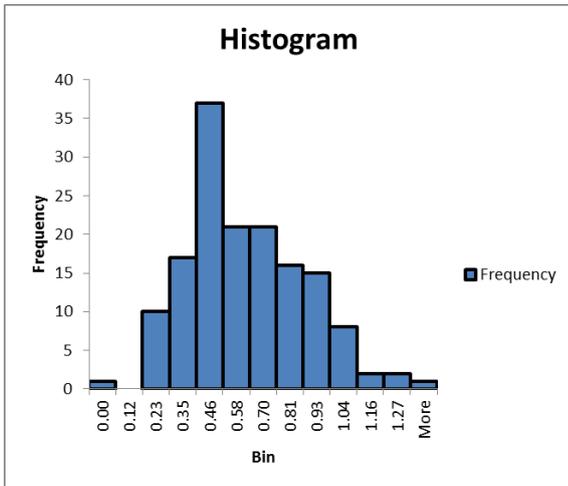
4.2 Analisa Statistik Data Bor

Histogram sangat berguna untuk mengetahui bentuk secara grafik dari sebaran atau distribusi suatu data. Apakah data tersebut terdistribusi secara merata dari ketebalan rendah sampai ketebalan tinggi, atau hanya mengelompok pada ketebalan rendah dan ketebalan tinggi saja. Selain itu, dapat juga mengelompok pada ketebalan rendah dan ketebalan tinggi secara bersamaan. Sehingga berdasarkan analisis terhadap kurva histogram, dapat diketahui mengenai karakteristik penyebaran data dan berguna sebagai informasi awal untuk kegiatan pengolahan data tersebut. Kurva pada histogram dapat di tentukan positif atau negatif dari metode perhitungan kofisien kemencengan *pearson* dimana jika nilai *skewness* (sk) sama dengan 0 maka kurva memiliki bentuk simetris, jika nilai *skewness* > 0 maka menceng positif ke kanan, dan apabila nilai *skewness* < 0 maka kurva menceng ke kiri atau menceng negatif.

Nilai dari *skewnes* juga dapat dicari dengan menggunakan rumus statistik dasar yang telah ada. Dalam menganalisa data ketebalan batubara, penulis menggunakan statistik dasar atau statistik 1, perhitungan statistik dapat dilakukan pada perangkat lunak *Microsoft office* dan aplikasi khusus statistik yang lain seperti *SGMS*, *SPPS* dan lain-lain. Adapun hasil analisa statistik univariat data ketebalan batubara PT. Energi Batu Hitam adalah sebagai berikut:

4.2.1. Thickness Group Seam 41

Adapun bentuk histogram ketebalan dari seam 41 batubara dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Histogram Thickness Seam 41

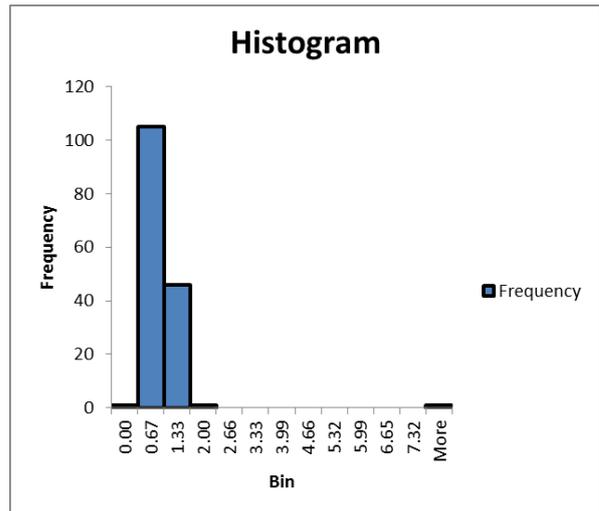
Tabel 2. Statistik Seam 41

SEAM 41	
Mean	0.56
Standard Error	0.02
Median	0.51
Mode	0.40
Standard Deviation	0.26
Sample Variance	0.07
Kurtosis	0.02
Skewness	0.58
Range	1.39
Minimum	0.00
Maximum	1.39
Sum	84.59
Count	151.00

Data skewness menunjukkan bahwa ketebalan pada batubara seam 41 memiliki distribusi taksimetris (*skewness*) positif dengan nilai yang dimiliki skewnees 0.58 yang artinya bahwa data ketebalan pada batubara pada seam 41 cenderung mengelompok pada ketebalan relatif rendah.

4.2.2. Thickness Group Seam 42

Adapun bentuk histogram ketebalan dari seam 42 batubara dapat dilihat pada gambar 13 berikut.



Gambar 13. Histogram Thickness Seam 42

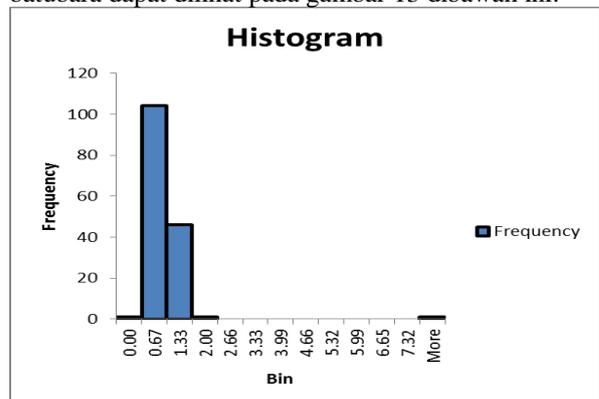
Tabel 3. Statistik Seam 42

Seam 42	
Mean	0.61
Standard Error	0.05
Median	0.52
Mode	0.40
Standard Deviation	0.65
Sample Variance	0.43
Kurtosis	107.67
Skewness	9.55
Range	7.98
Minimum	0.00
Maximum	7.98
Sum	94.13
Count	154.00

Data skewness menunjukkan bahwa ketebalan pada batubara seam 42 memiliki distribusi taksimetris (*skewness*) positif dengan nilai yang dimiliki skewnees 9.55 yang artinya bahwa data ketebalan pada batubara pada seam 42 cenderung mengelompok pada ketebalan relatif rendah.

4.2.3. Thickness Group Seam 43

Adapun bentuk histogram ketebalan dari seam 43 batubara dapat dilihat pada gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14. Histogram Thickness Seam 43

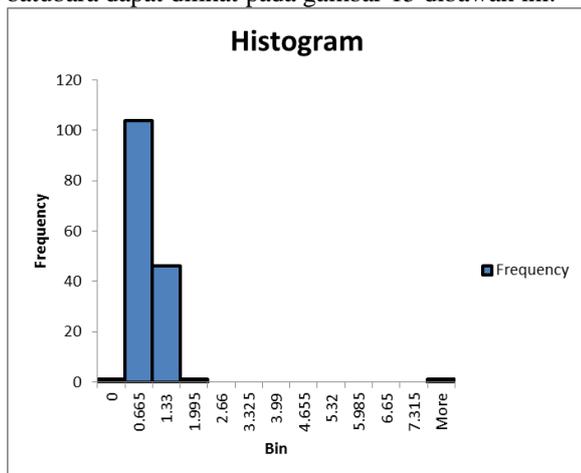
**Tabel 4.** Statistik Seam 43

Seam 43	
Mean	0.61
Standard Error	0.05
Median	0.51
Mode	0.40
Standard Deviation	0.66
Sample Variance	0.43
Kurtosis	106.61
Skewness	9.49
Range	7.98
Minimum	0.00
Maximum	7.98
Sum	93.35
Count	153.00

Data skewness menunjukkan bahwa ketebalan pada batubara seam 43 memiliki distribusi taksimetris (*skewness*) positif dengan nilai yang dimiliki skewnees 9.49 yang artinya bahwa data ketebalan pada batubara pada seam 43 cenderung mengelompok pada ketebalan relatif rendah.

**4.2.4. Thickness Group Seam 44**

Adapun bentuk histogram ketebalan dari seam 44 batubara dapat dilihat pada gambar 15 dibawah ini.



**Gambar 15.** Histogram Thickness Seam 44

**Tabel 5.** Statistik Seam 44

Seam 44	
Mean	0.61
Standard Error	0.05
Median	0.51
Mode	0.40
Standard Deviation	0.66
Sample Variance	0.43
Kurtosis	106.22
Skewness	9.47
Range	7.98
Minimum	0.00
Maximum	7.98
Sum	92.91
Count	153.00

data skewness menunjukkan bahwa ketebalan pada batubara seam 44 memiliki distribusi taksimetris (*skewness*) positif dengan nilai yang dimiliki skewnees 9.47 yang artinya bahwa data ketebalan pada batubara pada seam 44 cenderung mengelompok pada ketebalan relatif rendah.

**4.3 Perhitungan Sumberdaya Batubara**

Perhitungan estimasi sumberdaya dilakukan dengan metoda poligon dengan bantuan minescape 4.118. Pembacaan data berdasarkan kepada sampel yang berada didalam area poligon. Adapun sampel yang dimaksud adalah data pemboran yang kemudian di ekstrapolasi dengan radius yang telah ditetapkan berdasar kepada kondisi geologi PT. EBH yaitu geologi moderat dengan ciri dengan jarak pembacaan data sebagai berikut:

1. Sumberdaya terukur dengan radius 250 meter.
2. Sumberdaya terunjuk dengan radius 500 meter.
3. Sumberdaya terka dengan radius 750 meter

Dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan software Minescape 4.118 dan dengan persyaratan tersebut di atas maka diperoleh untuk masing-masing sumberdaya seperti pada tabel 6 berikut.

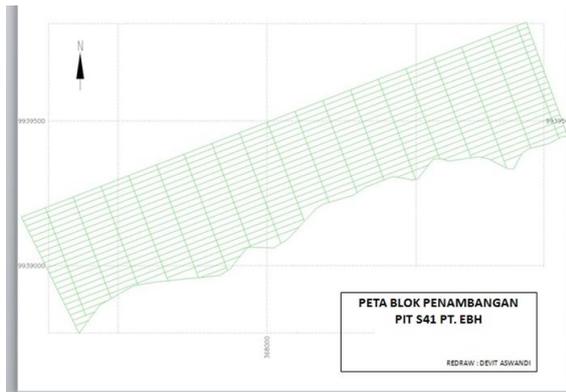
**Tabel 6.** Summary report of coal Resources

NO	SEAM	RESOURCE			OVERBURDEN
		MEASURED	INDICATED	INFERRED	
1	41	133.492,24	-	-	6.486.716,35
2	41L	468.352,22	137.201,61	-	99.568.877,16
3	41U	147.281,82	92.815,58	40.628,06	232.281.886,12
4	42	396.301,27	324.001,00	252.737,02	139.600.420,58
5	42L	167.777,60	106.139,95	110.225,72	275.012.219,19
6	42U	151.824,14	135.360,31	155.505,88	268.546.228,36
7	43	167.047,82	43.121,10	48.187,67	148.299.623,19
8	43L	-	-	-	-
9	43U	10.336,19	-	-	800.251,31
10	44	306.719,59	317.728,45	315.060,68	136.540.456,21
<b>TOTAL</b>		<b>1.949.132,91</b>	<b>1.156.367,99</b>	<b>922.345,02</b>	<b>1.307.136.678,46</b>

**4.4 Optimasi Bukan Pit Tambang**

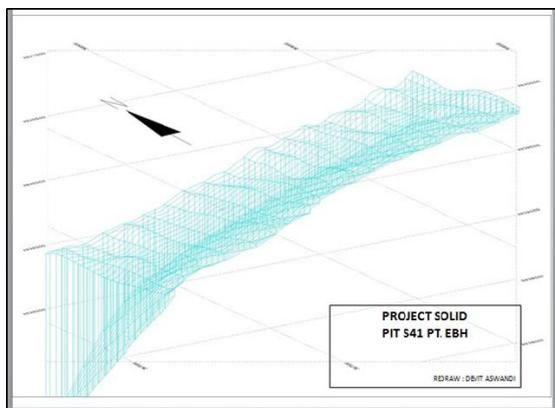
Dilakukannya optimasi blok penambangan adalah bertujuan untuk mencari area potensi tambang yang memiliki nilai SR (*Stripping Ratio*) yang telah ditetapkan perusahaan untuk ditambang, yaitu SR 15, 17, dan 20. Dalam penelitian optimasi bukan pit tambang dilakukan dengan metode *block modeling* menggunakan aplikasi software minescape modul *open cut*, dengan tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Membuat poligon blok penambangan dengan dimensi 100 m x 20 m Blok penambangan ini dirancang untuk tujuan perhitungan jumlah cadangan batubara beserta *volume overburden* nya disetiap blok, sehingga dapat diketahui nisbah kupas (*stripping Ratio*) dari masing-masing bloknya, dapat dilihat pada gambar 16 berikut



Gambar 16. Poligon Blok Penambangan

- Membuat *project solid*, bertujuan untuk menghitung cadangan perblok. *Project solid* dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Project Solid

- Membuat *resgraphic* berdasarkan perhitungan blok-blok *solid* yang sudah dibuat sehingga kita dapat melihat dengan mudah nisbah pengupasan dari setiap bloknya. Untuk menentukan batasan penambangan (*Ultimate pit limit*) sebelumnya harus diperhitungkan besaran batasan nilai SR yang akan ditambang. Adapun komponen-komponen dari biaya tersebut bersumber dari perusahaan PT. EBH sedangkan harga jual batubara bersumber dari Harga Batubara Acuan (HBA).

a. *Resgraphic* SR 15

Tabel 7. Komponen biaya penambangan SR 15

JENIS BIAYA	BIAYA
<b>Coal Quality</b>	
CV(Gar)	6400
TM (%)	14,5
TS (%)	0,3
Ash (%)	3,7
Biaya pengangkutan batubara	\$ 7,7 per Ton
Biaya penggalian dan pemuatan batubara	\$ 1,5 per Ton
Biaya pengangkutan batubara ke ROM	\$ 0,5 per Ton
Biaya peremukan batubara	\$ 0,8 per Ton
Biaya loading batubara ke tongkang	\$ 0,5 per Ton
Biaya tongkang (ke kapal)	\$ 1,5 per Ton
Biaya pemuatan ke kapal	\$ 2,5 per Ton
Biaya reklamasi	\$ 0,4 per Ton
Marketing Fee	\$ 9,5 per Ton
Overhead	\$ 2,0 per Ton
Ekplorasi	\$ 0,4 per Ton
Biaya studi kelayakan	\$ 0,5 per Ton
Biaya Comdev	\$ 0,2 per Ton
Pajak	\$ 5,3 per Ton
Royalty	\$ 4,8 per Ton
JUMLAH BIAYA	\$ 37,9 per Ton
BIAYA PENGUPASAN OB	\$ 1,4 per Bcm
HARGA JUAL BATUBARA	\$ 68,0 per Ton
BALANCE	\$ 30,1 per Ton
BESR	21,48 per Bcm
PROFIT 30 %	\$ 9,0 per Ton
SR EKONOMIS	15,04 per Bcm

Total biaya penambangan yang dikeluarkan untuk mendapatkan 1 ton batubara adalah sebesar \$37.9/ton. Sedangkan harga jual batubara yang merupakan pendapatan perusahaan per 1 tonnya adalah sebesar \$68. Maka keuntungan (*balance*) yang didapat per 1 tonnya adalah :

$$\text{Balance} = \text{Harga jual batubara} - \text{Total biaya penambangan}$$

$$\text{Balance} = \$68/\text{ton} - \$37,9/\text{Ton} = \$30,1/\text{Ton}$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*), dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{BESR} = \text{Balance} : \text{Biaya pengupasan OB}$$

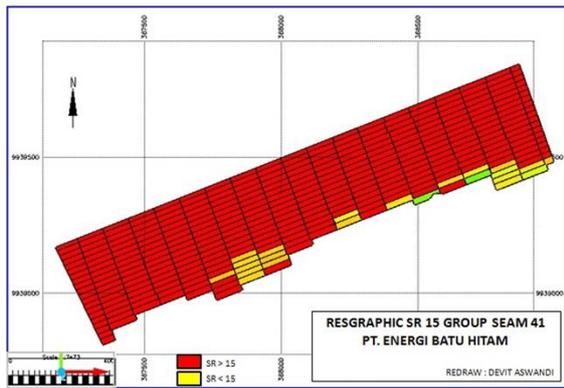
$$\text{BESR} = \$30,1/\text{Ton} : \$1,4 \text{ Bcm/ton} = 21,48 \text{ Bcm/Ton}$$

Untuk perhitungan SR ekonomis PT. EBH mengambil 30% dari keuntungan (*Balance*).

$$\begin{aligned} \text{Profit (30\%)} &= 30\% \times \text{Balance} \\ &= 30\% \times \$30,1/\text{ton} \\ &= \$9/\text{Ton} \end{aligned}$$

$$\text{SR Ekonomis} = (\text{Balance} - \text{Profit 30\%}) / \text{Biaya pengupasan OB}$$

$$\begin{aligned} &= (\$30,1/\text{Ton} - \$9/\text{Ton}) / \$1,4 \text{ Bcm/Ton} \\ &= 15,04 \text{ Bcm/Ton} \end{aligned}$$



Gambar 18. Resgraphic Seam 41 SR 15

b. Resgraphic SR 17

Tabel 8. Komponen biaya penambangan SR 17

JENIS BIAYA	BIAYA
<b>Coal Quality</b>	
CV(Gar)	6400
TM (%)	14,5
TS (%)	0,3
Ash (%)	3,7
Biaya pengangkutan batubara	\$ 7,7 per Ton
Biaya penggalian dan pemuatan batubara	\$ 1,5 per Ton
Biaya pengangkutan batubara ke ROM	\$ 0,5 per Ton
Biaya peremukan batubara	\$ 0,8 per Ton
Biaya loading batubara ke tongkang	\$ 0,5 per Ton
Biaya tongkang (ke kapal)	\$ 1,5 per Ton
Biaya pemuatan ke kapal	\$ 2,5 per Ton
Biaya reklamasi	\$ 0,4 per Ton
Marketing Fee	\$ 9,5 per Ton
Overhead	\$ 2,0 per Ton
Ekplorasi	\$ 0,4 per Ton
Biaya studi kelayakan	\$ 0,5 per Ton
Biaya Comdev	\$ 0,2 per Ton
Pajak	\$ 5,3 per Ton
Royalty	\$ 4,8 per Ton
JUMLAH BIAYA	\$ 37,9 per Ton
BIAYA PENGUPASAN OB	\$ 1,4 per Bcm
HARGA JUAL BATUBARA	\$ 73,0 per Ton
BALANCE	\$ 35,1 per Ton
BESR	25,05 per Bcm
PROFIT 30 %	\$ 10,5 per Ton
SR EKONOMIS	17,54 per Bcm

Total biaya penambangan yang dikeluarkan untuk mendapatkan 1 ton batubara adalah sebesar \$37.9/ton. Sedangkan harga jual batubara yang merupakan pendapatan perusahaan per 1 tonnya adalah sebesar \$73. Maka keuntungan (*balance*) yang didapat per 1 tonnya adalah :

$Balance = \text{Harga jual batubara} - \text{Total biaya penambangan}$

$$Balance = \$73/\text{ton} - \$37.9/\text{Ton} = \$35.1/\text{Ton}$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*), dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$BESR = \text{Balance} : \text{Biaya pengupasan OB}$$

$$BESR = \$35.1/\text{Ton} : \$1.4 \text{ Bcm}/\text{ton} = 25.05 \text{ Bcm}/\text{Ton}$$

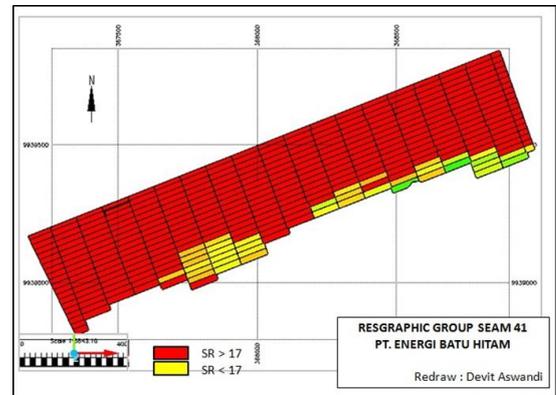
Untuk perhitungan SR ekonomis PT. EBH mengambil 30% dari keuntungan (*Balance*).

$$Profit(30\%) = 30\% \times \text{Balance}$$

$$= 30\% \times \$35.1/\text{ton} = \$ 10.5 /\text{Ton}$$

SR Ekonomis = (*Balance* – *Profit* 30%) / Biaya pengupasan OB

$$= (\$35.1/\text{Ton} - \$10.5/\text{Ton}) / \$1.4 \text{ Bcm}/\text{Ton} = 17,54 \text{ Bcm}/\text{Ton}$$



Gambar 19. Resgraphic Seam 41 SR 17

c. Resgraphic SR 20

Tabel 9. Komponen biaya penambangan SR 20

JENIS BIAYA	BIAYA
<b>Coal Quality</b>	
CV(Gar)	6400
TM (%)	14,5
TS (%)	0,3
Ash (%)	3,7
Biaya pengangkutan batubara	\$ 7,7 per Ton
Biaya penggalian dan pemuatan batubara	\$ 1,5 per Ton
Biaya pengangkutan batubara ke ROM	\$ 0,5 per Ton
Biaya peremukan batubara	\$ 0,8 per Ton
Biaya loading batubara ke tongkang	\$ 0,5 per Ton
Biaya tongkang (ke kapal)	\$ 1,5 per Ton
Biaya pemuatan ke kapal	\$ 2,5 per Ton
Biaya reklamasi	\$ 0,4 per Ton
Marketing Fee	\$ 9,5 per Ton
Overhead	\$ 2,0 per Ton
Ekplorasi	\$ 0,4 per Ton
Biaya studi kelayakan	\$ 0,5 per Ton
Biaya Comdev	\$ 0,2 per Ton
Pajak	\$ 5,3 per Ton
Royalty	\$ 4,8 per Ton
JUMLAH BIAYA	\$ 37,9 per Ton
BIAYA PENGUPASAN OB	\$ 1,4 per Bcm
HARGA JUAL BATUBARA	\$ 78,0 per Ton
BALANCE	\$ 40,1 per Ton
BESR	28,62 per Bcm
PROFIT 30 %	\$ 12,0 per Ton
SR EKONOMIS	20,04 per Bcm

Total biaya penambangan yang dikeluarkan untuk mendapatkan 1 ton batubara adalah sebesar \$37.9/ton. Sedangkan harga jual batubara yang merupakan pendapatan perusahaan per 1 tonnya adalah sebesar \$78. Maka keuntungan (*balance*) yang didapat per 1 tonnya adalah :

$Balance = \text{Harga jual batubara} - \text{Total biaya penambangan}$

$$Balance = \$78/\text{ton} - \$37.9/\text{Ton} = \$40.1/\text{Ton}$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai BESR (*Break Even Stripping Ratio*), dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$BESR = \text{Balance} : \text{Biaya pengupasan OB}$$

$$BESR = \$40.1/\text{Ton} : \$1.4 \text{ Bcm}/\text{ton}$$

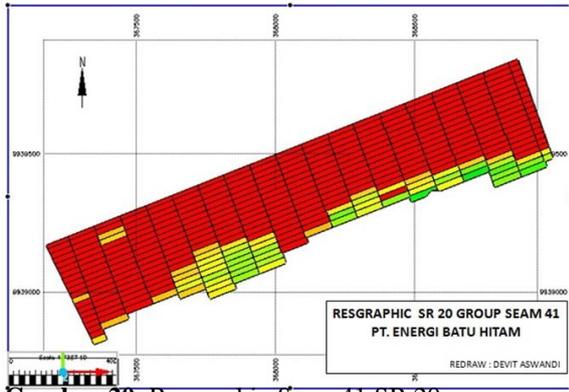
= 28.62 Bcm/Ton

Untuk perhitungan SR ekonomis PT. EBH mengambil 30% dari keuntungan (*Balance*).

$$\begin{aligned} \text{Profit (30\%)} &= 30\% \times \text{Balance} \\ &= 30\% \times \$40.1/\text{ton} \\ &= \$ 12 /\text{Ton} \end{aligned}$$

SR Ekonomis = (*Balance* – Profit 30%) / Biaya pengupasan OB

$$\begin{aligned} &= (\$40.1/\text{Ton} - \$12/\text{Ton}) / \$1.4 \text{ Bcm/Ton} \\ &= 20.04 \text{ Bcm/Ton} \end{aligned}$$



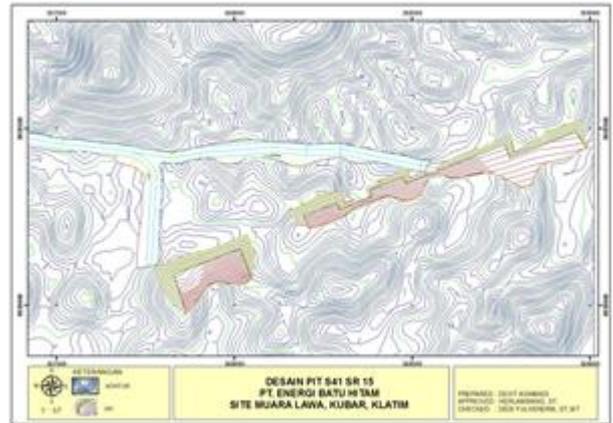
Gambar 20. Resgraphic Seam 41 SR 20

4.5 Desain Pit Tambang

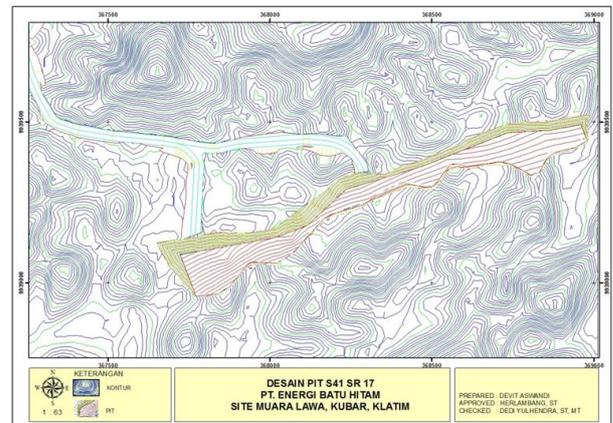
Dalam rancangan geometri lereng tambang akan terbentuk dinding-dinding pada pit tambang yang disebut dengan *high wall* dan *low wall*. *High wall* adalah dinding tambang pada sisi kemiringan batubara terdalam yang terdiri dari *slope* dan *bench* sedangkan *low wall* merupakan dinding tambang pada sisi terdangkal, bisa terbentuk dari *floor* atau *bench* maupun *slope*. Kontruksi *pit design* yang terbentuk ditampilkan dalam bentuk peta-peta yang sekaligus melampirkan deskripsi *pit* tambang yang dipetakan. Sesuai dengan rekomendasi perusahaan PT. EBH desain yang akan dibuat adalah area yang mempunyai nilai *stripping ratio* 15, 17, dan 20 Parameter *design* tambang yang direkomendasikan oleh PT. EBH dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Data rekomendasi geoteknik untuk geometri lereng PT. EBH

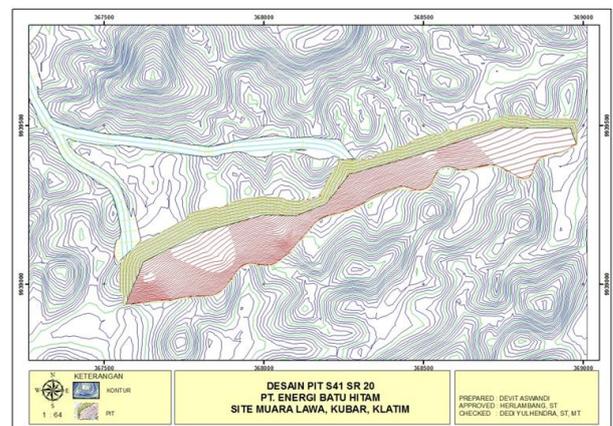
No	Deskripsi	Satuan	Nilai
1	Single Slope	0	65
2	High Wall	0	65
3	Side Wall	0	65
4	Low Wall	0	30
5	Overall slope	0	48
6	Tinggi lereng tunggal	M	10
7	Lebar jenjang ( <i>berm</i> )	M	5
8	Lebar Jalan Angkut	M	30



Gambar 21. Desain Pit S41 SR 15



Gambar 22. Desain Pit S41 SR 17



Gambar 23. Desain Pit S41 SR 20



Gambar 24. Penampang pit SR 15,17, dan 20

## 4.6 Cadangan Tertambang

Dari rancangan desain final *pit* yang dibuat oleh peneliti dan berdasarkan kepada rekomendasi rancangan desain *pit* yang telah ditentukan oleh pihak perusahaan PT. EBH dengan SR 15, 17, dan 20, dilakukan perhitungan cadangan dengan menggunakan aplikasi *Open Cut* pada minescape 4.118 dengan menggunakan metode poligon, maka diperoleh cadangan tertambang di *pit* S41 dengan recovery 97 % (perolehan tambang) dan diasumsikan sebanyak 0.1 meter yang losse dari masing-masing seam yaitu pada *roof* dan *floor*. Cadangan tertambang *pit* S41 PT. EBH dapat dilihat pada Tabel 4 .

**Tabel 11.** Rekapitulasi Cadangan Batubara

NAMA	OVERBURDEN (Bcm)	COAL (Ton)	STRIPPING RATIO
DESAIN 1	1,270,539.44	84,075.13	15.11
DESAIN 2	2,387,242.30	138,966.26	17.18
DESAIN 3	5,867,208.26	291,314.81	20.14

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah penulis lakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bentuk desain *pit* S41 dirancang sesuai rekomendasi dari tim *engineering* PT. EBH dengan geometri jenjang untuk tinggi bench 10 m, lebar bench 5 m, sudut *high wall* 65°, *side wall* 65°, *low wall* 30°, dan *overall slope* 45°.
2. Jumlah sumberdaya terukur di *pit* S41 PT. EBH adalah sebesar 1.949.132,91 ton batubara, sumberdaya tertunjuk sebesar 1.156.367,99 ton batubara, dan sumberdaya tereka sebesar 922.345,02 ton batubara.
3. Luas area dan jumlah cadangan tertambang yang bisa dioptimalkan pada *pit* S41 dengan masing-masing SR yaitu 15, 17, dan 22 seperti terlihat pada tabel berikut :

NAMA	LUAS AREA (Ha)	OVERBURDEN (Bcm)	COAL (Ton)	STRIPPING RATIO
DESAIN 1	9,92	1.270.539,44	84.075,13	15,11
DESAIN 2	15,04	2.387.242,30	138.966,26	17,18
DESAIN 3	24,87	5.867.208,26	291.314,81	20,14

### 5.2 Saran

1. Sebaiknya *mine planner* melakukan kerjasama dengan tim *operational* agar desain *pit* yang sudah direncanakan berjalan dengan baik.
2. Memperhatikan undang-undang dan peraturan pemerintah terhadap batasan penambangan sehingga tercapai penambangan yang baik dan benar.

### Daftar Pustaka

- [1] PT. Energi Batu Hitam, *Laporan Studi Kelayakan*. PT. Energi Batu Hitam (2008)
- [2] Awang S. *Diklat Perencanaan Tambang*. Universitas Islam Bandung (2004)
- [3] Hartman H.L. *Introductory Mining Engineering*. Alabama. The University of Alabama Tuscallosa (1987)
- [4] Hustrulid, W., Kucta, M., & Martin, R. *Open Pit Mine Planing & Design 3rd Eition* (2013).
- [5] Jhon Deboer. *Minescape Tutorial*. Jakarta. Pamapersada Nusantara (2006).
- [6] Dedi N. *Analisa dan Perhitungan Cadangan*. Bandung. Universitas Islam Bandug (2008)
- [7] Taufikurrahman. *Rancangan Final Pit dengan Software Pertambangan di Pit 3 PT. Altra Kartika Sejahtera Site Sei. Beringin, Jambi*. Jurnal Penelitian Teknik Pertambangan. Universitas Negeri Padang (2017).
- [8] Badan Standar Nasional Indonesia SNI 13-5014-1998). *Klasifikasi Sumber Daya dan Cadangan Batubara*. Jakarta (1998).
- [9] Irwandi Arif & Gatut S. Adisoma. *Perencanaan Tambang*, Institut Teknologi Bandung (2002)
- [10] Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No.555.K/M.PE/1995. *Tentang Keselamatan dan Kesehatan Pertambangan Umum* (1995).
- [11] Partanto Prodjosumarto. *Pengantar Perencanaan Tambang*. *Diklat perencanaan tambang terbuka*. Unisba, Bandung (2004)