

**PERENCANAAN PENAMBANGAN TAMBANG TERBUKA BATUBARA PADA
PT. CARITAS ENERGI INDONESIA JOBSITE BATUBARA JAMBI LESTARI
KABUPATEN MUARO JAMBI, PROVINSI JAMBI**

Andy Pranajati¹⁾, Febri Ananda²⁾

^{1), 2)} Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Yogyakarta,
email: andypranajati@gmail.com¹⁾; febriananda1749@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai suatu cadangan batubara yang cukup besar. Seiring dengan berkembangnya zaman penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan gas bumi yang semakin besar sehingga mengakibatkan berkurang pasokan minyak bumi maupun gas. Adapun alternatif lain yang dapat digunakan sebagai pengganti minyak bumi dan gas adalah batubara. Permodelan lapisan batubara yang telah dilakukan, menghasilkan satu seam batubara dengan ketebalan 0,2 m- 5,90 m. Pit limit dirancang dengan stripping ratio (SR) sebesar 4, dari elevasi RL +50 sampai RL +10, dengan luas pit sebesar 2,3 Ha. Cadangan tertambang sebesar 342.889,69 MT dengan volume overburden 1.493.802,27 BCM. Rancangan pit di design dengan Kemiringan lereng tunggal (single slope) pada highwall adalah 55°, sedangkan untuk lereng keseluruhan (overall slope) sebesar 45° untuk, bagian lowwall 35°, dan untuk sidewall jenjang tunggal 55° dan jenjang keseluruhan 45°. Target produksi yang dipenuhi selama 3 bulan (April-Juni) sebesar 85.000 MT dengan overburden 340.000 BCM. Overburden yang telah dikupas akan ditumpuk pada daerah disposal dengan kapasitas sebesar 330.000 BCM dari elevasi RL +45-RL +70 dengan tinggi disposal 25 meter. Tempat penumpukan batubara memiliki kapasitas 40.000 MT. Geometri jalan yang dirancang untuk menunjang pengangkutan material dengan lebar jalan lurus 8 m dan lebar jalan pada tikungan sebesar 13 m. Pada proses penggalian dan pengangkutan coal dan overburden menggunakan alat mekanis excavator 5 unit, Scania P380 15 unit, Mercy Actross 6 unit, dan alat support berupa bulldozer 3 unit, motor grader 1 unit, compactor 1 unit, dan excavator PC 200 1 unit.

Kata kunci: Design pit, Stripping Ratio, Pit Limit, Cadangan.

**OPEN COAL MINING PLANNING AT PT. CARITAS ENERGI INDONESIA
BATUBARA JAMBI LESTARI JOBSITE MUARO JAMBI DISTRICT,
JAMBI PROVINCE**

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that have large enough coal reserves. Along with the development of the era, the use of fossil fuels such as oil and gas is getting bigger, resulting in a decrease in the supply of oil and gas. Another alternative that can be used as a substitute for oil and gas is coal. Coal seam modeling that has been done, produces one seam of coal with a thickness of 0.2 m- 5.90 m. The pit limit is planned with a stripping ratio (SR) of 4, from elevation RL +50 to RL +10, with an area pit of 2.3 Ha. Mined reserves are 342,889.69 MT by volume overburden 1.493.802,27 BCM. Plant design with a single slope (single slope) highwall is 55°, while the overall slope (overall slope) of 45° for, part lowwall 35°, and for sidewall single step 55° and overall step 45°. The production target that was met for 3 months (April-June) was 85,000 MT with an overburden of 340.000 BCM. Overburden peeled shells will be stacked in the disposal area with a capacity of 330,000 BCM from an elevation of RL +45-RL +70 with a disposal height of 25 meters. The coal stockpile has a capacity of 40,000 MT. The road geometry is designed to support the transportation of materials with a straight road width of 8 m and a road width at bends of 13 m. In the process of excavation and transportation coal and overburden using a mechanical device excavator 5 units, Scania P380 15 units, Mercy Actross 6 units, and tools support for bulldozer 3 unit, motor grader 1 unit, compactor 1 unit, and excavator PC 200 1 unit.

Keywords: Design pit, Stripping Ratio, Pit Limit, Reserve.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai suatu cadangan batubara yang cukup besar. Seiring dengan berkembangnya zaman penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan gas bumi yang semakin besar sehingga mengakibatkan berkurang pasokan minyak bumi maupun gas. Adapun alternatif lain yang dapat digunakan sebagai pengganti minyak bumi dan gas adalah batubara. Batubara merupakan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi yang memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan di Indonesia. Berawal dari permasalahan, banyak pelaku-pelaku bisnis yang memanfaatkan ini menjadi suatu peluang bisnis dengan membangun perusahaan-perusahaan tambang di lokasi yang memiliki potensial endapan batubara. Salah satunya adalah PT. Batubara Jambi Lestari.

Perancangan penambangan adalah bagian dalam perencanaan tahapan penambangan sebagai faktor yang sangat penting sebelum rencana aktual penambangan dimulai (Hartman, 1987). Perancangan dilakukan dengan menggunakan *software minescape 5.7*, keunggulan dari *software* adalah sifatnya fleksibel dan efisien sehingga cocok digunakan dipakai dalam perencanaan jangka panjang dan jangka pendek pada tambang batubara (Mincom, 1998).

Salah satu aspek terpenting dalam perencanaan adalah perancangan *pit* tambang, dalam perencanaan *pit* tambang dilakukan setelah tahap eksplorasi dan tahap konseptual. Beberapa unsur yang penting untuk melakukan perencanaan suatu tambang adalah penentuan batas *pit* tambang (*pit limit*), bentuk (*design*) *pit* tambang, geometri penambangan, penjadwalan produksi, dan rancangan *sequence* penambangan (Awang, 2004). Perancangan *pit* tambang terbuka salah satunya yang paling ditekankan pada perancangan geometri jenjang, yang dimaksud dalam geometri jenjang ini adalah ukuran jenjang yang terdiri lebar jenjang, tinggi jenjang, kemiringan jenjang, dan panjang jenjang minimum pada saat penambangan. Dalam penentuan geometri jenjang hal yang perlu dipertimbangkan adalah target produksi bulanan atau tahunan serta ukuran mekanis yang akan digunakan.

Dalam perancangan tambang dapat digunakan *software minescape*. Sebelum melakukan perancangan tambang, perlu dilakukan permodelan geologi, baik topografi maupun struktur lapisan endapan batubara. Permodelan geologi bertujuan untuk mendapatkan suatu data dalam melakukan penaksiran cadangan batubara. Perangkat lunak *minescape* digunakan untuk mempermudah dalam melakukan permodelan endapan, maupun penaksiran sumberdaya dan cadangan batubara, dan memilih daerah yang prospek sehingga menghasilkan penambangan yang layak sesuai dengan *striping ratio* (SR) yang ditetapkan (Dedi, 2008). *Minescape* merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk pertambangan yang mampu untuk meningkatkan informasi teknis suatu lokasi tambang yang diperoleh dari data eksplorasi, perancangan tambang jangka pendek, tambang jangka panjang dan sampai ke penjadwalan produksi (Mincom, 1998).

METODE PENELITIAN

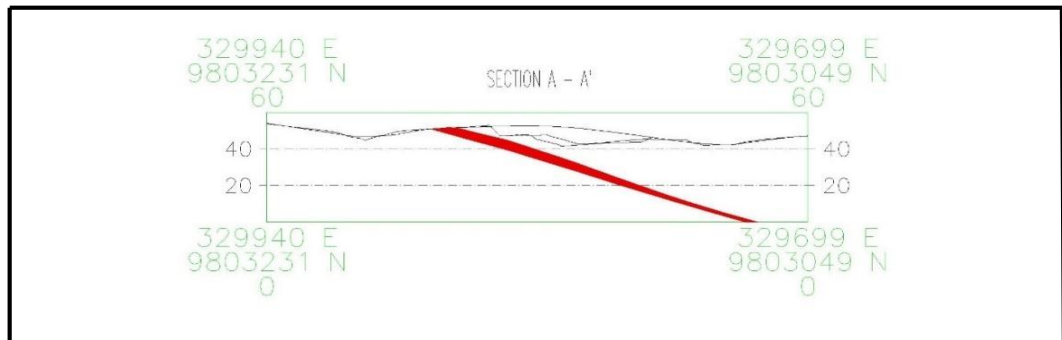
Sebelum dilakukan rencana teknis penambangan, maka hal yang dilakukan terlebih dahulu adalah pengumpulan data primer yang langsung diambil di lapangan, seperti pengukuran alat mekanis dan geometri jalan. Data sekunder diperoleh dari perusahaan berupa peta topografi, data pemboran, dan data kualitas batubara. Kemudian data yang telah diperoleh akan dilakukan pengolahan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Membuat permodelan geologi dengan menggunakan bantuan *software minescape 5.7* menggunakan data survey dan lithology.
2. Menentukan *pit limit* menggunakan metode *resgraphic*, serta menghitung cadangan dengan bantuan *software minescape 5.7*.
3. Membuat geometri penambangan yang akan menghasilkan sudut lereng tunggal, sudut lereng keseluruhan, lebar *bench*, dan tinggi *bench* dengan bantuan *software minescape 5.7*.
4. Penentuan rencana penambangan dengan menggunakan target produksi yang telah diperoleh.
5. Penentuan geometri jalan yang layak sehingga aman dengan menggunakan data spesifikasi alat yang digunakan.
6. Membuat rancangan disposal untuk menampung hasil pengupasan *overburden* dengan bantuan *software minescape 5.7*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Permodelan Endapan Batubara

Hasil permodelan batubara didapati berjumlah 1 lapisan, yaitu *seam A* yang tersebar dari timur ke barat dengan *strike* N 190°-200° Dan *dip* 25° dengan ketebalan 0.2 m - 5.90 m dengan elevasi tertinggi pada RL 50 dan elevasi terendah pada RL 10. Dari hasil permodelan batubara diatas diketahui bahwa lapisan batubara pada PT. Batubara Jambi Lestari ini memiliki batubara yang relatif miring. Pemproses permodelan geologi batubara ini tentunya tidak lepas dari tahapan pengolahan data. Adapun tahapan dalam pembuatan permodelan geologi batubara dengan bantuan *software minescape 5.7*.



Gambar 1. Permodelan Geologi

2. Batas Pit dan Design Pit

A. Design Pit

Sebelum melakukan kegiatan penambangan perlu dilakukan suatu perencanaan salah satunya adalah *design pit* penambangan dikarenakan agar memiliki acuan baik itu jumlah volume dari *coal*, *overburden* dengan itu dapat mempertimbangkan kapasitas yang ada sebelum dilakukan penambangan. Dalam upaya melakukan rancangan *design pit* penambangan dibantu dengan menggunakan *software minescape 5.7* yang bertujuan agar volume dapat diketahui serta teknis dilapangan dapat diterapkan secara baik.

Tabel 1. Rancangan *Pit Limit*

Keterangan	Satuan	Nilai
Luas <i>Pit</i>	Ha	2,3
Panjang <i>Pit</i>	M	216
Lebar <i>Pit</i>	M	136
Elevasi Tertinggi	mdpl	50
Elevasi Terendah	mdpl	10
Total Cadangan	MT	90.374,31
Total <i>Overburden</i>	BCM	260.693,42
Target Produksi Batubara	Ton/Triwulan	85.000
Target Pengupasan OB	BCM/Triwulan	340.000
<i>Striping Ratio</i>		4,35

B. Batas *Pit*

Pada penelitian ini *pit* yang didesain diberi nama *Pit III/Selatan*. batas penambangan (*ultimate pit limit*) merupakan batas penambangan yang ditentukan pada daerah yang telah diketahui sumberdaya terukur. Adapun kriteria dalam menentukan rancangan batas *pit* (*ultimate pit limit*) penambangan, yaitu sebagai berikut :

1. Geometri Penambangan

Geometri jenjang yang telah ditentukan perusahaan pada *pit III/pit selatan* yaitu tinggi *bench* 10 meter dan lebar *bench* 2 meter.

a. *Highwall*

Kemiringan lereng tunggal (*single slope*) pada *highwall* adalah 55° , sedangkan untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) sebesar 45° .

b. *Lowwall*

Kemiringan pada bagian *lowwall* mengikuti dari kontur struktur dari *floor seam A* dengan kemiringan sebesar 35° .

c. *Sidewall*

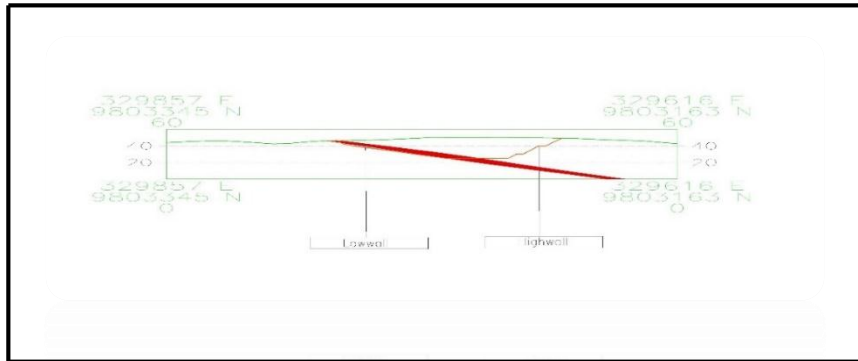
Pada bagian *sidewall* memiliki kemiringan yang sama dengan *highwall* yaitu jenjang tunggal 55° sedangkan jenjang keseluruhan 45° .

2. Pada daerah penelitian merupakan keterdapatn aliran sungai, serta lahan masyarakat yang belum mencapai kesepakatan sehingga belum bisa dilakukan pembebasan lahan, oleh sebab itu perlu dilakukan pertimbangan dalam merancang batas *pit* (*ultimate pit limit*) agar lebih menjadi optimal.

3. Dalam merancang batas *pit* faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah target produksi, pada PT. Batubara Jambi Lestari memiliki target produksi sebesar 85.000 Ton/Triwulan. Dalam merancang batas *pit* perusahaan menargetkan pada *striping ratio* (SR) 4. *Striping ratio* merupakan nisbah pengupasan antara bahan galian (*coal*) dengan tanah penutup (*overburden*). Jika *striping ratio* (SR) lebih besar dari target yang telah ditentukan oleh perusahaan maka tidak akan digunakan. Nilai *striping ratio* (SR) ini diperoleh dari volume *over burden* sebesar 340.000 BCM/Triwulan dan volume batubara sebesar 85.000 Ton/Triwulan

Adapun dalam proses dalam penentuan batas *pit limit* pada *pit selatan*, yaitu :

1. *Subcrop seam* dijadikan sebagai batas awal . Elevasi akhir dirancang pada RL +30. Prinsip rancangan penambangan ini uji coba (*trial and error*) sehingga memperoleh jumlah batubara yang sesuai.
2. Dalam mengoptimalkan *pit* menggunakan metode *resgraphic* (SR colour).
3. Dari hasil itu kemudian dilakukan perancangan *pit* dan kemudian hasil *pit design* diproyeksikan ke topografi *original*.



Gambar 2. Pit Limit

Tabel 2. Produktivitas Alat Gali Muat

<i>Equipment Loading</i>	<i>Capacity (m³)</i>	<i>Cycle time OB (second)</i>	<i>Cycle time CG (second)</i>	<i>Productivity OB (BCM)</i>	<i>Productivity CG (Ton/Jam)</i>
Komatsu PC 400	3.2	42	53	274	226
Komatsu PC 300	2.1	32	45	239	171
Cat 330 D Custom	2.8	34	51	296	202

4. Produktivitas Alat Gali Muat dan Angkut

Untuk menentukan suatu rencana produksi perlu diketahui kemampuan produktivitas tiap-tiap alat yang digunakan dalam melakukan kegiatan pembongkaran tanah penutup (*overburden*) dan batubara (*coal*). Produktivitas alat adalah kemampuan suatu alat yang digunakan dalam melakukan penggalian material yang dinyatakan dalam satuan ton/jam atau BCM tergantung material yang yang digali.

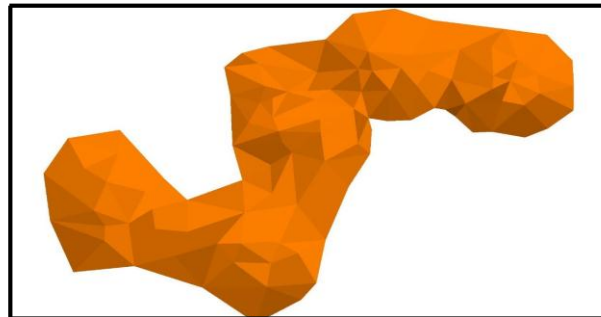
Tabel 3. Produktivitas Alat Angkut

<i>Equipment</i>	<i>Cycle time OB (menit)</i>	<i>Cycle time CG (menit)</i>	<i>Productivity OB (BCM)</i>	<i>Productivity CG (Ton/jam)</i>
<i>Scania</i>	12,5	10,6	61,80	169,81
<i>Mercy</i>	12,5	10,6	41,20	113,16

Produktivitas alat angkut adalah kemampuan produksi alat angkut dalam mangangkut material OB atau batubara yang dinyatakan dalam satuan BCM atau ton. Pada alat yang digunakan scania P380 lebih besar dalam mengangkut material daripada mercy

dikarenakan ukuran *vessel* yang digunakan lebih besar, sehingga produktivitas alat angkut lebih besar, yaitu 61,80 BCM untuk OB *striping* dan 169,81 Ton/jam untuk pengangkutan material batubara

5. Fill Factor



Gambar 3. Permodelan *Fill Factor* Menggunakan Metode Uji Petik

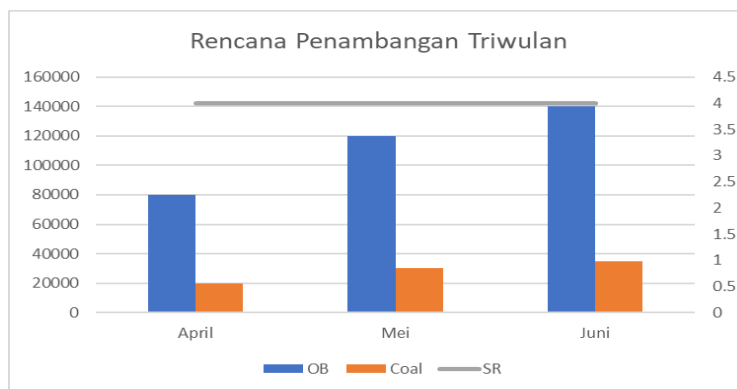
Faktor pengisian material sangat berpengaruh bagi produktivitas alat dikarenakan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui nilai volume per *bucket* dengan cara pengambilan koordinat dari masing-masing tumpukan. Untuk menghitung faktor pengisian yang ada pada alat gali muat digunakan metode uji petik. Metode uji petik ini adalah metode yang digunakan untuk mengetahui volume batubara yang diangkut oleh *dumptruck*. Adapun data yang diambil dalam metode ini, yaitu data koordinat dari tumpukan, pengolahan data yang dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *minescape 5.7*.

Keterangan	Satuan	<i>Overburden</i>	Satuan	<i>Coal Getting</i>
April	BCM	80.000	MT	20.000
Mei	BCM	120.000	MT	30.000
Juni	BCM	140.000	MT	35.000
Total	340.000		85.000	

6. Rencana Penambangan

Tabel 4. Rencana Pengupasan *Overburden* dan *Coal getting*

Pada penelitian ini rencana penambangan dilaksanakan pada triwulan pertama pada *pit 3/pit* selatan sesuai dengan kesepakatan antara pihak *owner* (PT. Batubara Jambi Lestari) dengan pihak kontraktor (PT. Caritas Energi Indonesia). dalam pengupasan *overburden* target selama triwulan pertama (April-Juni) sebesar 340.000 BCM dengan *coal getting* sebesar 85.000 MT. Dari rencana penambangan ini kemudian akan dilakukan penambangan secara bertahap agar proses pengupasan maupun pengambilan batubara dapat diawasi secara menyeluruh.



Gambar 4. Grafik Rencana Penambang Triwulan

7. Geometri Jalan

1) Lebar Jalan Lurus dan Tikunga

Tabel 5. Rancangan Geometri jalan

No	Keterangan	Simbol	Meter
1	Jumlah Jalur	n	2
2	Lebar Alat Angkut	Wt	2.2
3	Lebar Jalan Lurus	Lmin	8
4	Lebar Jejak Roda	U	1.7
5	Juntai Depan	Fa	1.5
6	Juntai Belakang	Fb	1.12
7	Jarak Antar Truk	C	2.16
8	Jarak Sisi Luar Truk ke Tepi Jalan	Z=C	2.16
9	Lebar jalan Tikungan	Wt	13

Pada penelitian ini geometri jalan yang telah dihitung berdasarkan parameter yang telah di dapatkan lebar jalan maksimum adalah 12 meter, lebar jalan minimum diperoleh 7,7 m dengan menggunakan alat angkut yang paling besar pada PT. Batubara Jambi Lestari yaitu Scania P380 yang melalui jalan angkut. Geometri jalan yang telah dirancang menggunakan 2 jalur yang terdiri dari jalur masuk ke *pit* dan keluar *pit*. Jalan angkut yang digunakan di dalam *pit* merupakan jalan angkut untuk *overburden* dan *coal getting*.

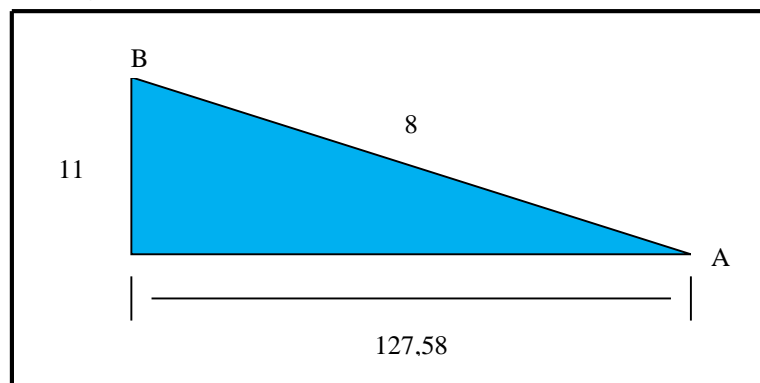
2) *Superelevasi*

Tabel 6. *Superelevasi* yang diizinkan

Jari-Jari Tikungan/feet	Kecepatan Dalam Mph					
	10	15	20	25	30	<30
50	0.04	0.04				
100	0.04	0.04	0.04			
150	0.04	0.04	0.04	0.05		
250	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	
300	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
600	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
1000	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

PT. Batubara Jambi Lestari dengan kecepatan maksimum 20 Km/jam (12,42 mph) diperoleh nilai koefisien gesekan sebesar 0,179 dengan jari-jari tikungan sebesar 14,38 m (47,17 ft). Berdasarkan *seperelvasi* yang dizinkan (tabel 4.7) bahwa nilai *superelevasi* sebesar 0,04 dengan beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar pada tikungan yang harus dibuat sebesar 0,43 m atau 43 cm.

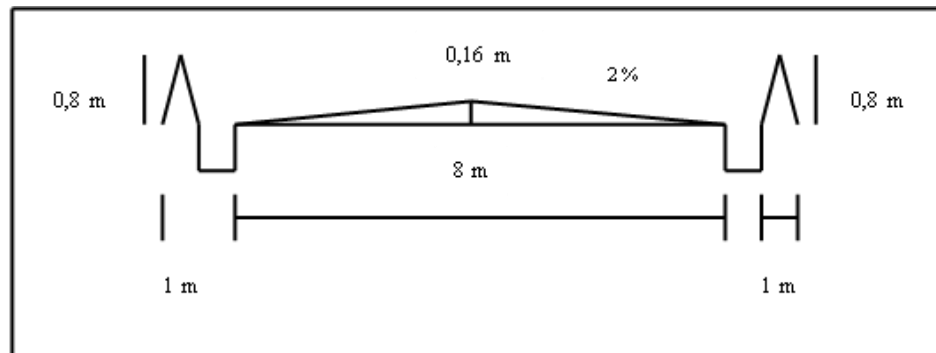
3) Kemiringan Jalan



Gambar 6. Kemiringan jalan

Kemiringan jalan angkut maupun jalan *pit* yang direncanakan sebesar 10%. 10% ini dapat diartikan sebagai jarak 100 meter. Berdasarkan Kepmen ESDM 1827 K/30/MEM/2018 kemiringan jalan tidak boleh melebihi 12%, dalam pertimbangan kemiringan harus dipertimbangkan kemampuan dari *equipment*/alat yang digunakan dalam proses pengangkutan material *overburden* ataupun *coal*, sehingga dapat mengurangi *incident* yang akan terjadi.

4) Kemiringan Melintang

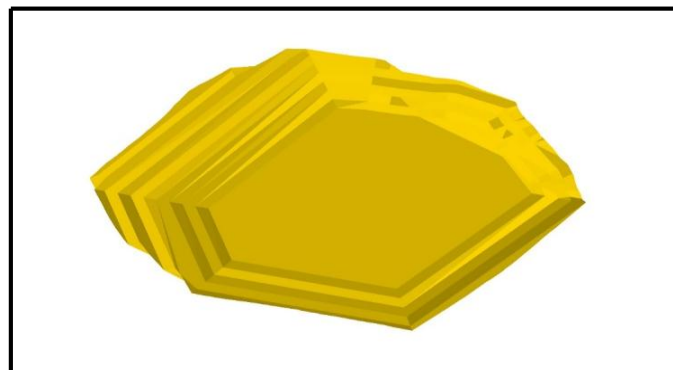


Gambar 7. Cross slope jalan angkut

Angka *cross slope* pada jalan dinyatakan dalam perbandingan jarak vertika dan horizontal yang dinyatakan dalam mm/m. *Cross slope* ini berdasarkan lebar jalan kondisi lurus dan membuat jalan tengah menjadi lebih tinggi dari pada bagian tepi. Jalan produksi yang baik memiliki kemiringan melintang dari 20 mm/m sampai 40 mm/m.

5. Disposal

Lereng penimbunan yang direncanakan di PT. Batubara Jambi Lestari dengan ketinggian 25 m (RL 45-RL 70) yang dapat diketahui berdasarkan kontur pada daerah lokasi penimbunan pada peta lokasi PT. Batubara Jambi Lestari. *Design* lereng yang direncanakan dimana setiap *bench* mempunyai ketinggian 5 meter lebar 5 meter, dan sudut lereng (*slope angel*) sebesar 30° . Adapun kapasitas penimbunan yang telah direncanakan mencapai 330.000 BCM pada RL +70, dalam penentuan luas dan kapasitas disposal sangat penting untuk mengetahui rencana pengupasan *overburden* (OB).



KESIMPULAN

1. Dari hasil permodelan geologi batubara ditemukan hanya satu *seam* dengan kondisi batubara relati miring, dari permodelan geologi tersebut dapat dirancang *pit* penambangan dengan lebar jenjang 2 meter, tinggi jenjang 10 meter, dengan kemiringan *highwall* terdiri dari *single slope* 45° dan *overall slope* 55°. Untuk bagian *lowwall* sebesar 35° dan *sidewall* dengan *single slope* 45° dan *overall slope* 55°. Dari hasil rancangan *pit* tersebut diperoleh jumlah cadangan terukur sebesar 90.374,31 MT dengan *overburden* sebesar 260,693,21 BCM.
2. Rencana penambangan selama 3 bulan (April-Juni) target pengupasan sebesar 340.000 BCM dengan *coal* 85.000 MT. alat mekanis yang digunakan untuk penggalian menggunakan Cat 330 D Custom dengan produksi per jam sebesar 202 MT dan alat angkut *type scania P380* 169,81 BCM. Untuk lebar jalan angkut dirancang dengan lebar 8 meter kondisi lurus dan 13 meter kondisi tikungan dengan kemiringan jalan 10%. Tempat penimbunan material *overburden* dirancang dengan kapasitas daya tampung sebesar 330.000 BCM dan *stockpile* dengan kapasitas 40.000 MT dengan luas daerah sebesar 426,23 m².

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini, PT. Caritas Energi Indonesia yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian, teman-teman Teknik pertambangan yang membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, Tri Sunaryadi., (2011)., *Penyusunan Program Aplikasi Komputasi Perancangan Peledakan pada Tambang Terbuka dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic 6*. Skripsi.
- Bargawa, W. S., 2017, *Perencanaan Tambang*, Program Studi Teknik Pertambangan, UPN “ Veteran” Yogyakarta.
- Dedi N. (2008). *Analisa Dan Perhitungan Cadangan*. Bandung : Univesitas Islam Bandung
- Falah Rayhan, Marwan Asof., Mukiat. (2019). *Rencana Teknis Penambangan Emas Di Serujan 05 PT Indo Muro Kencana*. *Jurnal Pertambangan*. Vol. 3. No. 2. Hal. 2.
- Muliyanto, Amin., Dkk. (2015). *Perencanaan Penambangan Batubara Pit A PT Amanah Anugerah Adi Mulia Desa Maragut Kec. Dusun Timur Kab. Barito Timur Profvinsi Kalimantan Tengah*. *Jurnal Geosapta*. Vol. 1. No. 1. Hal. 25.
- Pasymi. (2018). *Batubara Jilid 1*. Bung Hatta Univercity Press.
- Suhairi, Rusdi. Nurhakim., dan Riswan. (2018). *Evaluasi Kemajuan Tambang Bulanan Berdasarkan Metode Survey Pada PT XYZ*. *Jurnal Geosapta*, Vol. 4. Hal 19.
- Sundek, Hariyadi., (2018). *Kajian Teknis Penambangan Batubara Pada PT. Mega Energy Kabupaten. Kutai Kartanegara Kalimantan Timur*. *Jurnal Geologi Pertambangan*. Volume 1. Halaman 49-50.
- Yanto, Indonesianto. 2015. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Program Studi Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta