

Rancangan Penambangan *Pit* SR4 Pada PT. Manggala Usaha Manunggal *Jobsite* Bara Anugrah Sejahtera, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan

Teguh J alkausar^{1*}, Murad^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*teguhalkausar@gmail.com

**muradms@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Manggala Usaha Manunggal is a mining contractor company that is trusted to carry out coal mining activities by PT. Bara Anugrah Sejahtera in Pulau Pulau Village, Tanjung Agung Subdistrict, Darmo Village, and Keban Agung Village, Lawang Kidul District, Muara Enim Regency, South of Sumatra Province. PT. Manggala Usaha Manunggal uses the open mining method. The *pit* design was designed using Minescape Software 5.7. The results of *pit* reserves design in October 2019 were 1,225,796,571 BCM for overburden and 332,435,323 tons for coal with SR 1: 3,7. In November 2019 overburden was peeled at 1,225,026,887 and coal was mined at 322,769,945 tons with SR 1: 3,8. Whereas in December 2019 overburden was peeled at 1,238,004.473 and mined coal was 303,088.444 tons with SR 1: 4.1. Main mining equipment fleet allocation for October 2019 there are 5 fleets for overburden removal and 2 fleets for coal getting. In November 2019 there were 7 fleets for overburden removal and 3 fleets for coal getting consisting of 2 units Doosan DX700LC excavator and 1 unit Volvo EC480D excavator serve 18 units of Mitsubishi FUSO / HINO FM. In December 2019 there were 7 fleets for overburden removal and 2 fleets for coal getting.

Keywords: Design Pit, Overburden, Batubara, Minescape 5.7, Fleet, Stripping Ratio

1 Pendahuluan

PT. Manggala Usaha Manunggal merupakan salah satu kontraktor yang ada di Indonesia yang bergerak di bidang pertambangan. PT. Manggala Usaha Manunggal mendapat kepercayaan oleh PT. Bara Anugrah Sejahtera selaku pemilik IUP untuk melakukan kegiatan penambangan di Desa Pulau Panggung, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Untuk memulai aktivitas penambangan, PT. Bara Anugrah Sejahtera telah membuat perencanaan jangka panjang. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan jangka menengah serta jangka pendek yang berguna untuk mengantisipasi keadaan di lapangan ketika perencanaan jangka panjang nantinya berubah sesuai dengan kondisi lapangan.

Setelah melakukan observasi lapangan, penulis mendapatkan informasi bahwa sistem penambangan yang diterapkan PT. Manggala Usaha Manunggal *jobsite*

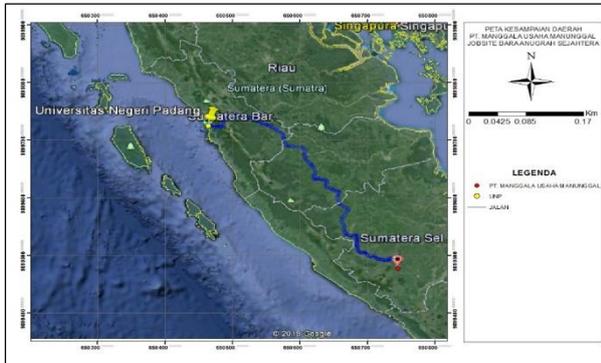
BAS adalah sistem penambangan tambang terbuka dengan metode *open pit mining*. Batasan penambangan ditentukan berdasarkan besarnya nilai stripping ratio yang ditetapkan oleh perusahaan. Nilai SR yang ditetapkan oleh Departemen *Engineering* PT. Manggala Usaha Manunggal *jobsite* BAS yaitu 4,00, dengan target produksi batubara sebesar 300.000 ton per bulannya dan lapisan tanah penutup yang terkupas sebanyak 1.200.000 bcm per bulannya.

PT. Manggala Usaha Manunggal belum mempunyai perencanaan jangka pendek untuk kegiatan produksi bulan Oktober-Desember 2019, seperti rancangan desain *pit*, rancangan jalan, rancangan timbunan, sistem penyaliran, rencana kebutuhan alat mekanis dan lainnya. Permasalahan lain yang penulis temukan ialah tahapan penambangan yang dilakukan tidak sesuai dengan perencanaan awal yang mengakibatkan ketidakraturan dalam pemilihan area yang akan digali sehingga perencanaan penambangan jangka tiga bulan tidak

berjalan semestinya. Hal tersebut berdampak pada rencana penambangan yang dibuat untuk tahun 2019.

2 Lokasi Penelitian

Wilayah penambangan PT. Manggala Usaha Manunggal *jobsite* PT. Bara Anugrah Sejahtera ini terletak di tiga desa yaitu Desa Pulau Panggung Kecamatan Tanjung Agung, Desa Darmo, dan Desa Keban Agung Kecamatan Lawang Kidul. Wilayah tersebut berada pada posisi 103°45'24.50" BT sampai 103°48'04.00" BT dan 30°46'41.20" LS sampai 30°49'50.00" LS.



Gambar 1. Peta dan Lokasi PT. Manggala Usaha Manunggal *Jobsite* Pt. Bara anugrah Sejahtera

3 Kajian Teori

3.1 Ganesa Batubara

Batubara didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna cokelat tua sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik [1]. Definisi lain menyebutkan bahwa "batubara adalah endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh-tumbuhan [2].

3.2 Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara

Klasifikasi sumberdaya mineral dan cadangan adalah [3]:

3.2.1 Sumberdaya Mineral (*Mineral Resource*)

Sumberdaya Mineral (*Mineral Resource*) adalah satu konsentrasi atau keterjadian dari material yang memiliki nilai ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan bentuk, kualitas, dan kuantitas tertentu yang memiliki prospek yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis.

Klasifikasi Sumberdaya Mineral meliputi:

3.2.1.1 Sumberdaya Mineral Tereka (*Inferred Mineral Resource*)

Sumberdaya mineral yang tonase, kadar, dan kandungan mineral dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan geologi rendah. Hal ini direka dan diasumsikan dari adanya bukti geologi tetapi tidak diferivikasi kemenerusan geologi atau kadarnya.

3.2.1.2 Sumberdaya Mineral Tertunjuk (*Indicated Mineral Resource*)

Sumberdaya mineral yang tonase, densitas, bentuk, karakteristik fisik, kadar, dan kandungan mineralnya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang wajar. Hal ini didasarkan pada hasil eksplorasi, dan informasi pengambilan dan pengujian percontoh yang didapatkan melalui teknik yang tepat dari lokasi-lokasi mineralisasi seperti singkapan, paritan uji, sumuran uji, terowongan uji dan lubang bor.

3.2.1.3 Sumberdaya Mineral Terukur (*Measured Mineral Resource*)

Sumberdaya mineral yang tonase, densitas, bentuk, karakteristik fisik, kadar, dan kandungan mineralnya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang tinggi. Hal ini didasarkan pada hasil eksplorasi rinci dan terpercaya, dan informasi pengambilan dan pengujian percontoh yang didapatkan melalui teknik yang tepat dari lokasi-lokasi mineralisasi seperti singkapan, paritan uji, sumuran uji, terowongan uji dan lubang bor.

3.2.2 Cadangan (*Reserve*)

Cadangan (*reserve*) adalah bagian dari sumberdaya mineral terukur dan tertunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis. Hal ini termasuk tambahan material dilusi ataupun material hilang, yang kemungkinan terjadi ketika material tersebut ditambang.

Klasifikasi Cadangan meliputi:

3.2.2.1 Cadangan Terkira (*Probable Reserve*)

Bagian sumberdaya mineral tertunjuk yang ekonomis untuk ditambang, dan dalam beberapa kondisi juga merupakan bagian dari sumberdaya mineral terukur. Hal ini termasuk material dilusi ataupun material hilang, yang kemungkinan terjadi ketika material tersebut ditambang.

3.2.2.2 Cadangan Terbukti (*Proved Recerve*)

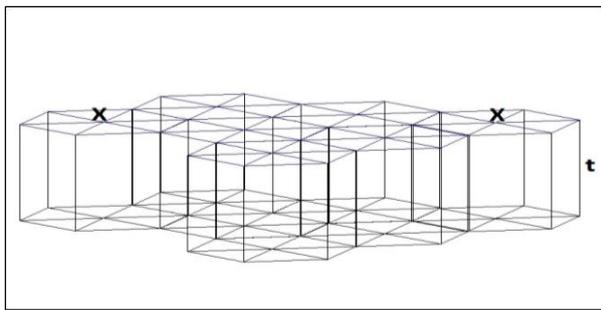
Bagian dari sumberdaya mineral terukur yang ekonomis untuk ditambang. Hal ini termasuk material dilusi ataupun material hilang, yang kemungkinan terjadi ketika material tersebut ditambang.

3.3 Perhitungan Cadangan dengan Software

Prinsip dari perhitungan cadangan (*reserve*) yang digunakan oleh software pertambangan adalah metode poligon. Perhitungan cadangan (*reserve*) didasarkan pada konsep sebuah sampel yang didefinisikan sebagai prisma. Bagian atas dan bawah prisma terletak pada bagian atas dan bawah *surface* yang membatasi blok *reserve*. Tanda (x) pada Gambar 4 merupakan titik pusat dari prisma dimana letak lubang bor berada, sedangkan tanda (t) merupakan ketinggian dari prisma atau ketebalan dari endapan pada log bor.

Pada perhitungan volume cadangan sama halnya dalam menghitung prisma yaitu:

$$\text{Volume} = \text{Luas permukaan} \times \text{Ketebalan} \quad (1)$$



Gambar 2. Perhitungan Cadangan Dengan Software

Hasil dari bentuk cadangan yang dihasilkan berupa bentuk tiga dimensi, dan jumlah perhitungan cadangan akan ditampilkan pada table *viewer*. Parameter-parameter yang perlu dilihat dalam perhitungan cadangan yang ditampilkan oleh tabel *viewer* yaitu seperti *seam* (lapisan), dapat menampilkan *seam* yang sedang dihitung. Bagian burden akan menampilkan dua tampilan yaitu *overburden* dan *reserve* (cadangan). Apabila menampilkan *overburden* maka volume yang dihitung adalah volume *overburden* sedangkan apabila menghasilkan tampilan *reserve* maka volume yang dihitung adalah volume *reserve*. Sedangkan pada bagian total volume akan menampilkan hasil perhitungan dari *overburden* dan *reserve*.

3.4 Metode Penambangan

Beberapa tipe penambangan batubara dengan metode tambang terbuka batubara adalah ^[4]:

3.4.1 Open pit/open cast/open cut

Metode ini biasanya diterapkan untuk menambang endapan-endapan bijih (*ore*). Secara umum metode ini menggunakan siklus operasi penambangan yang konvensional, yaitu: pemecahan batuan dengan pemboran dan peledakan, diikuti operasi penanganan material penggalian, pemuatan dan pengangkutan. Perbedaan antara *open pit* dengan *open cast/open cut* dicirikan oleh arah penggalian. *Open pit* dilakukan dari permukaan yang relatif mendatar menuju ke arah bawah

dimana endapan tersebut berada. Sedangkan *open cut/open cast* dilakukan apabila endapan bijih terdapat di perbukitan.

3.4.2 Quarry

Quarry adalah suatu metode tambang terbuka yang diterapkan untuk menambang endapan-endapan bahan galian industri.

3.4.3 Stripping Mining

Tipe penambangan terbuka yang diterapkan pada endapan batubara yang lapisannya datar dekat permukaan tanah. Alat yang digunakan dapat berupa alat yang sifatnya *mobile* atau alat penggalian yang dapat membuang sendiri.

3.4.4 Alluvial Mine

Alluvial Mine adalah tambang terbuka untuk menambang endapan-endapan *alluvial*, misalnya bijih timah, pasir besi dan lain-lain.

3.5 Perencanaan Tambang

Perencanaan/*planning* adalah penentuan persyaratan teknik untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan yang sangat penting serta urutan teknis pelaksanaannya. Oleh sebab itu perencanaan merupakan gagasan pada saat awal kegiatan untuk menetapkan apa dan mengapa harus dikerjakan, oleh siapa, kapan, di mana dan bagaimana melaksanakannya. Perencanaan tambang dapat mencakup kegiatan-kegiatan prospeksi, eksplorasi, studi kelayakan yang dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan, persiapan penambangan dan konstruksi prasarana serta sarana penambangan, kesehatan dan keselamatan kerja (K3), pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup. Tujuan dari pekerjaan perencanaan tambang adalah membuat suatu rencana produksi tambang untuk sebuah cebakan bijih yang akan menghasilkan tonase bijih pada tingkat produksi yang telah ditentukan dengan biaya yang semurah mungkin dan juga menghasilkan aliran kas (*cash flow*) yang akan memaksimalkan beberapa kriteria ekonomik seperti *rate of return* atau *net present value*.

3.6 Parameter Rancangan Tambang

3.6.1 Striping Ratio

Nisbah pengupasan merupakan perbandingan antara volume lapisan tanah penutup yang harus dipindahkan untuk setiap satu ton batubara yang ditambang.

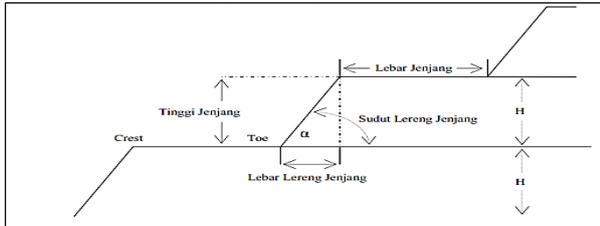
Hasil suatu perancangan *pit* akan menentukan volume lapisan tanah penutup dan tonase batubara yang mengisi *pit*. Perbandingan antara lapisan tanah penutup dan batubara tersebut akan memberikan nisbah pengupasan rata-rata suatu *pit* ^[5].

$$SR = \frac{\text{Overburden}}{(m^3)} \quad (2)$$

3.6.2 Rancangan Geometri Lereng

Ketersediaan batubara di bawah permukaan dan tertutup oleh lapisan yang ada di atasnya merupakan alasan dibuat jenjang (*bench*) pada area tambang. *Bench* tersebut dirancang untuk mempermudah segala aktivitas di area tambang. Oleh karena itu, *bench* tersebut harus mampu menahan beban material dan alat-alat mekanis yang bekerja di atasnya.

Geometri jenjang terdiri dari tinggi jenjang, sudut lereng jenjang tunggal dan lebar jenjang. Rancangan geoteknik jenjang biasanya dinyatakan dalam bentuk tinggi jenjang (*bench height*), lebar jenjang (*bench width*), sudut lereng (*face angle*) [6].



Gambar 3. Geometri Jenjang

3.6.3 Geometri Jalan

3.6.3.1 Lebar jalan angkut pada jalan lurus

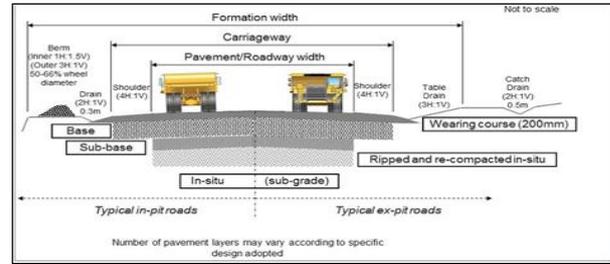
Lebar jalan minimum pada jalan lurus dengan lajur ganda atau lebih, menurut *Aasho Manual Rural High Way Design*, harus ditambah dengan setengah lebar alat angkut pada bagian tepi kiri dan kanan. Dari ketentuan tersebut dapat digunakan cara sederhana untuk menentukan lebar jalan angkut minimum, yaitu menggunakan *rule of thumb* atau angka perkiraan seperti terlihat pada Tabel 1, dengan pengertian bahwa lebar alat angkut sama dengan lebar lajur [7].

Tabel 1. Lebar Jalan Angkut Minimum

Jumlah Lajur Truck	Perhitungan	Lebar Jalan Angkut Minimum (meter)
1	$1 + (2 \times 1/2)$	2
2	$2 + (3 \times 1/2)$	3,50
3	$3 + (4 \times 1/2)$	5,00
4	$4 + (5 \times 1/2)$	6,50

Dari kolom perhitungan Tabel 1 dapat ditetapkan rumus lebar jalan angkut minimum pada jalan lurus. Seandainya lebar kendaraan dan jumlah lajur yang direncanakan masing-masing adalah W_t dan n , maka lebar jalan angkut pada jalan lurus dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$L_{min} = n.W_t + (n + 1) (1/2.W_t) \quad (3)$$



Gambar 4. Lebar Jalan Angkut Dua Lajur Pada Jalan Lurus

3.6.3.2 Lebar jalan angkut pada belokan

Lebar jalan angkut pada belokan atau tikungan selalu lebih besar daripada lebar jalan lurus. Untuk jalur ganda, maka lebar jalan minimum pada belokan didasarkan atas lebar jejak ban, Lebar jumbai atau tonjolan (*overhang*) alat angkut bagian depan dan belakang pada saat membelok, jarak antar alat angkut atau kendaraan pada saat bersimpangan, jarak dari kedua tepi jalan [7].

$$W_{min} = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \quad (4)$$

Keterangan:

W_{min} = Lebar jalan angkut minimum pada belokan (m)

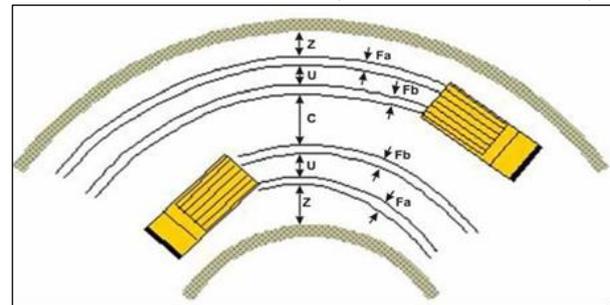
U = Lebar jejak roda (*Centre to centre tires*) (m)

F_a = Lebar jumbai (*overhang*) depan (m)

F_b = Lebar jumbai belakang (m)

Z = Lebar bagian tepi jalan (m)

C = Jarak antar kendaraan (*Total lateral clearance*)



Gambar 5. Lebar Jalan Angkut Dua Lajur Pada Tikungan

3.6.3.3 Grade Jalan

Kemiringan jalan angkut dapat berupa jalan menanjak ataupun jalan menurun, yang disebabkan perbedaan ketinggian pada jalur jalan. Kemiringan jalan berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dalam pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan.

Kemampuan dalam mengatasi tanjakan untuk setiap alat angkut tidak sama, tergantung pada jenis alat angkut itu sendiri. Sudut kemiringan jalan biasanya dinyatakan dalam persen, yaitu beda tinggi setiap seratus satuan panjang jarak mendatar. Kemiringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [9]:

$$\text{Grade (\%)} = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (5)$$

3.6.3.6 Safety Berm

Safety berm dibuat untuk menghindari tergelirnya kendaraan pada tepi jalan dan juga untuk menghindari segala bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerjaan dan peralatan.

3.6.4 Front Kerja Alat

Front kerja alat merupakan area alat akan bekerja. *Front* kerja alat harus memenuhi dimensi yang sesuai dengan alat yang bekerja. Jika tidak sesuai akan mempengaruhi mobilitas alat dan produktivitas alat ^[10].

$$W_{min} = 2(0,5R_s) + a + M_t \quad (6)$$

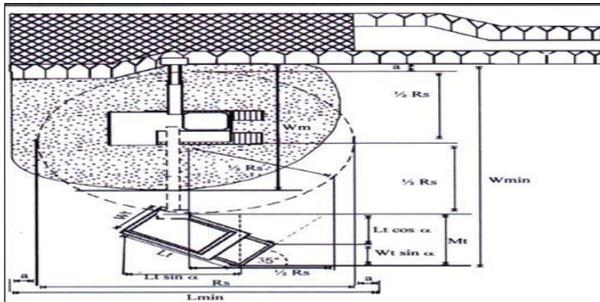
Keterangan:

W_t : Lebar minimum *front* penambangan (m)

R_s : *Swing Radius* (m)

a : Jarak tambahan (m)

M_t : Lebar truk pada saat membentuk sudut α (m)



Gambar 7. Dimensi *Front* Penambangan

3.7 Sifat Fisik Material

Di alam material yang ditemukan umumnya tidak homogen, tetapi merupakan material campuran. Terdapat tiga pembagian material yang mempengaruhi perhitungan volume dari material tersebut ^[11].

Keadaan asli (*Bank Condition*) adalah keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan gaya. Ukuran demikian dinyatakan dalam *Bank Cubic Meter* (BCM).

Keadaan gembur (*Loose Condition*) adalah material yang tergali atau dipindah dari tempat asalnya, akan mengalami perubahan volume (mengembang). Ukuran volume biasanya dinyatakan dalam *Loose Cubic Meter* (LCM).

Keadaan padat (*Compact Condition*) adalah keadaan tanah setelah ditimbun kembali disertai usaha pemadatan. Ukuran volume tanah dalam keadaan padat biasanya dinyatakan dalam *Compact Cubic Meter* (CCM).

3.8 Produktivitas Alat

3.8.1 Produksi Alat Gali Muat

Produksi Alat Gali Muat dalam hal ini backhoe dipengaruhi oleh kapasitas *bucket*, *fill factor*, waktu edar dan efisiensi kerja alat ^[11].

(a) Produksi per siklus

$$q = q_1 \times F_f \quad (7)$$

Keterangan :

q = Produksi per siklus alat gali muat (BCM)

q_1 = Kapasitas mujung *bucket* (m³)

F_f = *Bucket fill factor* (%)

(b) Produksi per jam

$$Q = \frac{3600}{CT_m} \times q \times EU \quad (8)$$

Keterangan:

Q = Produksi per jam alat gali muat (BCM/jam)

CT_m = Waktu edar alat gali muat (detik)

q = Produksi per siklus alat gali muat (LCM)

3600 = Faktor konversi detik ke jam

EU = Efisiensi kerja alat gali muat (%).

3.8.2 Produksi Alat Angkut

Produksi alat angkut dipengaruhi oleh waktu siklus dan efisiensi kerja alat. Waktu siklus alat angkut terdiri dari waktu pemuatan, waktu pengangkutan, waktu pembongkaran muatan, waktu perjalanan kembali dan waktu manuver ^[11].

(a) Produksi per siklus

$$q = n \times q_1 \times F_f \quad (9)$$

Keterangan:

q = Produksi per siklus alat gali muat (BCM)

n = Jumlah pemuatan *bucket*

q_1 = Kapasitas mujung *bucket* (m³)

F_f = *Bucket fill factor* (%)

(b) Produksi per jam

$$P = \frac{3600}{CT_a} \times q \times EU \quad (10)$$

Keterangan:

P = Produksi per jam alat gali muat (BCM/jam)

CT_a = Waktu edar alat angkut (detik)

q = Produksi per siklus alat angkut (BCM)

3600 = Faktor konversi detik ke jam

EU = Efisiensi kerja alat angkut (%).

3.8.3 Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu edar adalah waktu yang dipergunakan alat untuk menyelesaikan suatu kegiatan dari gerakan awal sampai ke gerakan semula [11].

3.9 Perancangan Timbunan

Tempat timbunan biasanya terbagi dua, yaitu *waste dump* dan *stockpile*. *Waste dump* digunakan untuk menumpuk material yang tidak bernilai ekonomis atau material penutup. Sedangkan *stockpile* digunakan untuk penyimpanan material yang bernilai ekonomis, seperti batubara, emas, dll^[6]. Rancangan *waste dump* sangat penting untuk perhitungan keekonomian. Lokasi dan bentuk dari *waste dump* dan *stockpile* akan berpengaruh terhadap jumlah gilir *truck* yang diperlukan. Daerah yang diperlukan untuk *waste dump* pada umumnya luasnya 2-3 kali dari daerah penambangan (*pit*).

4 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Manggala Usaha Manunggal (MUM) *Jobsite* PT. Bara Anugerah Sejahtera (BAS), di desa Pulau Panggung, Kecamatan Tanjung Agung, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan 10 Juni sampai 10 Agustus 2019.

4.1 Jenis Penelitian

Didalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dan data-data lapangan, sehingga keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Metode penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan, yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis [5].

4.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu pencarian bahan pustaka terhadap masalah yang akan dibahas meliputi studi tentang analisis mengenai produksi penambangan melalui berbagai percobaan, buku-buku, jurnal atau laporan studi yang sudah ada. Selanjutnya yaitu observasi lapangan yang dilakukan sebagai langkah awal bagi penulis untuk menentukan objek-objek yang diteliti. Selain itu, juga sebagai pengambilan data primer.

Selanjutnya yaitu tahapan pengambilan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil yaitu *cycle time* alat angkut, *cycle time* alat gali-muat, dan jarak *hauling*. Data sekunder berupa data target produksi bulanan jam kerja, jumlah alat yang tersedia, spesifikasi alat tambang utama, data curah hujan, peta topografi, batas wilayah IUP, data uji laboratorium, dan data rekomendasi geoteknik.

4.3 Teknik Analisis Data

Dalam melaksanakan penelitian ini, proses pengolahan dan analisis data dilakukan dengan bantuan beberapa *software* yang ada pada komputer/laptop baik dalam menghitung produksi maupun dalam merencanakan dan mendesain *pit* dengan memperhitungkan aspek teknik dan parameter yang sesuai dengan teori yang ada.

Tahapan yang dilakukan dalam mengolah data antara lain Analisis topografi daerah penelitian, menghitung produktivitas dari alat yang digunakan, perencanaan jam kerja efektif, perencanaan tambang, dan perencanaan kebutuhan alat mekanis

Selanjutnya yaitu kesimpulan diperoleh dari hasil pembahasan, sedangkan saran disampaikan berdasarkan beberapa kekurangan yang ada dalam kegiatan penelitian, hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran atau ide sebagai pedoman untuk penelitian selanjutnya.

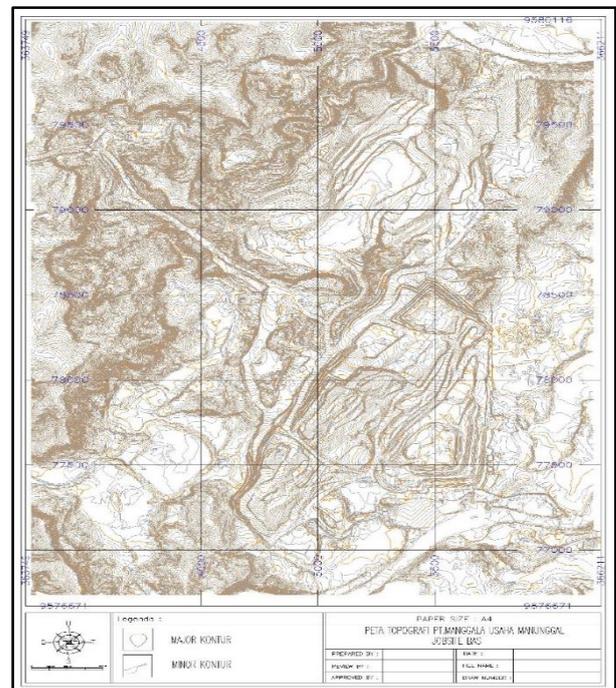
5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Kondisi Topografi Daerah Penelitian

Data topografi yang digunakan oleh peneliti untuk membuat desain *pit* adalah data topografi bulan Juli 2019. Elevasi tertinggi +131 terletak dibagian timur dan elevasi terendah +26 terletak dibagian barat. Dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Koordinat Elevasi Peta Topografi

Batas	Elevasi	Koordinat X	Koordinat Y
Tertinggi	130.911	365157.057	9578873.484
Terendah	26.794	365456.071	9578471.559



Gambar 8. Peta Topografi PT. Manggala Usaha Manunggal *Jobsite* BAS

5.2 Sistem Penambangan

Keberadaan endapan batubara pada PT. Manggala Usaha Manunggal *jobsite* BAS terdapat pada daerah datar dan lembah. Oleh karena itu, sistem penambangan yang digunakan ialah *open pit mining*. Metode pengupasan tanah penutup dan *coal digging* dilakukan dengan cara konvensional yaitu menggunakan metode *ripping* dengan alat berat dan kombinasi antara alat gali-muat dan alat angkut untuk pemindahan material dari *front* menuju *disposal/stock ROM*.

5.3 Kontur Struktur Batubara

Dari data dasar permodelan endapan batubara, setelah diolah lebih lanjut maka hasil pengolahan data tersebut antara lain diperoleh peta kontur struktur. Kontur struktur merupakan salah satu faktor terpenting dalam pembuatan desain tambang.

Kontur struktur batubara yang terdapat di *pit* SR4 terdiri dari 3 *seam* batubara yaitu *seam H*, *seam I* dan *seam J*.

Tabel 3. Koordinat Elevasi Kontur Struktur Batubara *Seam H*

	Batas	Elevasi	Koordinat X	Koordinat Y
Roof	Tertinggi	78	364866.704	9576773.648
	Terendah	-221	362597.345	9577639.542
Floor	Tertinggi	75	364885.774	9576765.205
	Terendah	-227	362589.323	9577559.248

Tabel 4. Koordinat Elevasi Kontur Struktur Batubara *Seam I*

	Batas	Elevasi	Koordinat X	Koordinat Y
Roof	Tertinggi	82	364735.745	9576859.394
	Terendah	-223	362313.004	9577981.682
Floor	Tertinggi	75	364755.579	9576862.398
	Terendah	-215	362564.485	9577576.682

Tabel 5. Koordinat Elevasi Kontur Struktur Batubara *Seam J*

	Batas	Elevasi	Koordinat X	Koordinat Y
Roof	Tertinggi	76	365715.99	9578459.223
	Terendah	-196	364361.464	9580011.111
Floor	Tertinggi	91	365486.474	9578007.458
	Terendah	-197	364388.206	9580056.919

5.4 Rancangan Geometri Jalan

Pada dasarnya terdapat dua buah rancangan geometri jalan yang akan dibuat untuk sarana pengangkutan material pada daerah tambang, yaitu rancangan geometri jalan lurus dan rancangan geometri jalan tikungan. Perhitungan lebar jalan minimum yang akan dibuat harus berdasarkan lebar alat angkut yang tersedia. Di PT. Manggala Usaha Manunggal alat angkut terbesar yang tersedia yaitu OHT TEREX TR100.

5.5 Geoteknik

PT. Bara Anugrah Sejahtera selaku *owner* telah melakukan pengujian berupa uji sifat fisik dan uji sifat mekanik terhadap lapisan yang ada pada area

penambangan. Data rekomendasi geometri lereng yang diberikan oleh pihak *owner* berdasarkan hasil uji laboratorium untuk design tambang baik *pit* maupun *disposal* yang dapat dilihat pada Tabel 6 [18].

Tabel 6. Data Rekomendasi Geoteknik

Data Rekomendasi Geoteknik					
No.	Deskripsi	Disposal Area	Pit Area		
			High Wall	Side Wall	Low Wall
1	Overall Slope (°)	20	50	50	16
2	Singel Slope (°)	35	30	30	35
3	Bench Width (m)	24	5	5	24
4	Bench High (m)	8	8	8	8

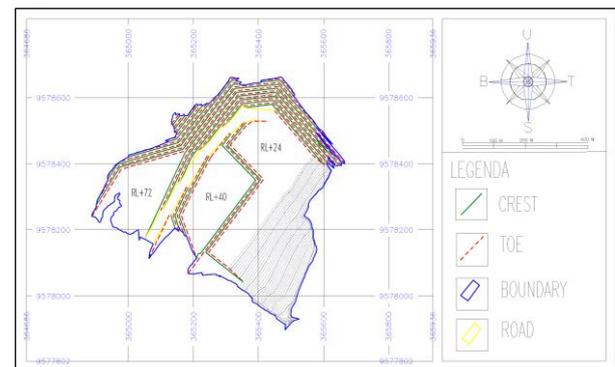
5.6 Desain *Pit* Penambangan

Pada PT. Manggala Usaha Manunggal *site* BAS mempunyai target produksi batubara sebesar 300.000 ton/bulan.

5.6.1 Desain *Pit* Bulan Oktober 2019

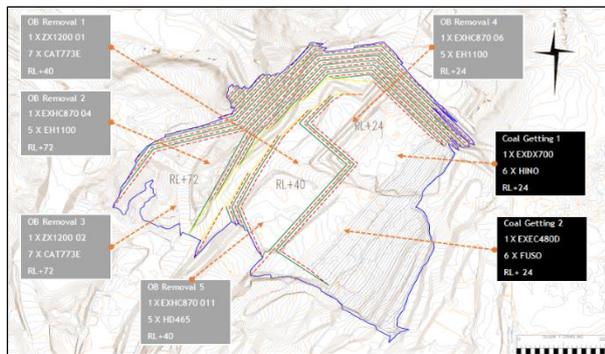
5.6.1.1 Alternatif I

Arah penambangannya dimulai dari arah barat laut menuju arah tenggara. Penjadwalan penambangan pada bulan Oktober berdasarkan target produksi OB yang tetapkan perusahaan sebesar 1.200.000 Bcm dan batubara sebesar 300.000 ton. Sedangkan produksi yang yang diperoleh dari alternatif desain *pit* ini yaitu sebesar 1.205.528,287 Bcm dan batubara sebesar 310.869,555 ton.



Gambar 9. Desain *Pit* Alternatif I Bulan Oktober 2019

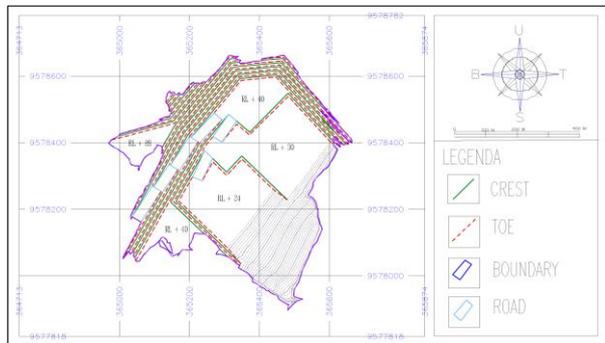
Jam kerja tersedia pada bulan oktober yaitu sebanyak 475,7 jam. Kegiatan penambangan terdiri dari 5 *fleet* untuk proses OB *removal* dan 2 *fleet* untuk proses *coal getting*. Untuk proses OB *removal* alat yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 3 unit *excavator* ZX870 dengan total kemampuan produksi sebesar 41.479,283 BCM/hari, sedangkan untuk proses *coal getting* alat yang digunakan yaitu 1 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D dengan total kemampuan produksi sebesar 12.795,562 ton/hari.



Gambar 10. Penjadwalan Penambangan Berdasarkan Alternatif Desain I Bulan Oktober 2019

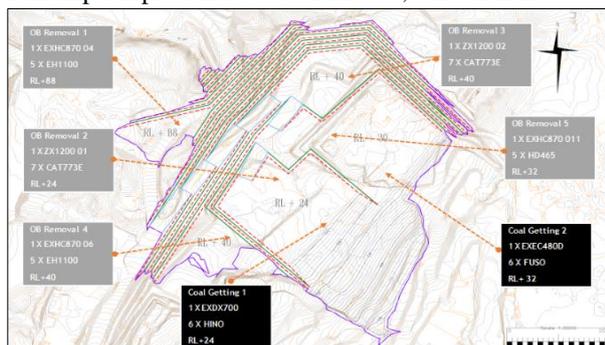
5.6.1.2 Alternatif II

Arah penambangannya dimulai dari arah barat daya menuju arah timur laut. Penjadwalan penambangan pada bulan Oktober berdasarkan target produksi OB yang ditetapkan perusahaan sebesar 1.200.000 Bcm dan batubara sebesar 300.000 ton. Sedangkan produksi yang yang diperoleh dari desain alternatif ini yaitu sebesar 1.225.796,571 Bcm dan batubara sebesar 332.435,323 ton.



Gambar 11. Desain Pit Alternatif II Bulan Oktober 2019

Jam kerja tersedia pada bulan oktober yaitu sebanyak 475,7 jam. Kegiatan penambangan terdiri dari 5 fleet untuk proses OB removal dan 2 fleet untuk proses coal getting. Untuk proses OB removal alat yang digunakan yaitu 2 unit excavator ZX1200 dan 3 unit excavator ZX870 dengan total kemampuan produksi sebesar 41.479,283 BCM/hari, sedangkan untuk proses coal getting alat yang digunakan yaitu 1 unit excavator DX700 dan 1 unit excavator EC480D dengan total kemampuan produksi sebesar 12.795,562 ton/hari.



Gambar 12. Penjadwalan Penambangan Berdasarkan Alternatif Desain II Bulan Oktober 2019

5.6.2 Desain Pit Bulan November 2019

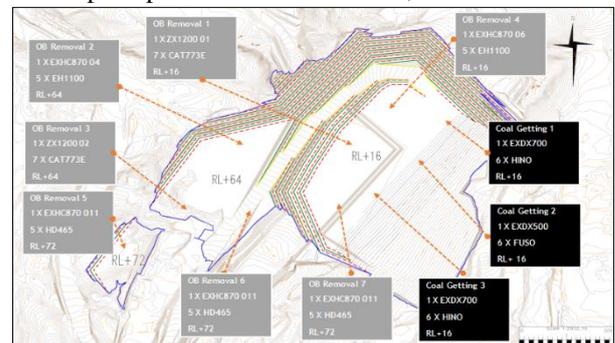
5.6.2.1 Alternatif I

Arah penambangannya dimulai dari arah barat laut menuju arah tenggara. Penjadwalan penambangan pada bulan November berdasarkan target produksi OB yang ditetapkan perusahaan sebesar 1.200.000 Bcm dan batubara sebesar 300.000 ton. Sedangkan produksi yang yang diperoleh dari desain pit yaitu sebesar 1.237.040,238 Bcm dan batubara sebesar 319.207,972 ton.



Gambar 13. Desain Pit Alternatif I Bulan November 2019

Jam kerja tersedia pada bulan november yaitu sebanyak 356.1 jam. Kegiatan penambangan terdiri dari 7 fleet untuk proses OB removal dan 3 fleet untuk proses coal getting. Untuk proses OB removal alat yang digunakan yaitu 2 unit excavator ZX1200 dan 5 unit excavator ZX870 dengan total kemampuan produksi sebesar 41.227,443 BCM/hari, sedangkan untuk proses coal getting alat yang digunakan yaitu 2 unit excavator DX700 dan 1 unit excavator DX500 dengan total kemampuan produksi sebesar 13.310,968 ton/hari.



Gambar 14. Penjadwalan Penambangan Berdasarkan Alternatif Desain I Bulan November 2019

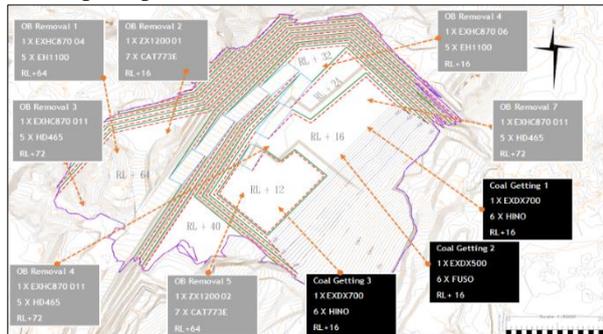
5.6.2.2 Alternatif II

Arah penambangannya dimulai dari arah barat laut menuju arah tenggara. Penjadwalan penambangan pada bulan November berdasarkan target produksi OB yang ditetapkan perusahaan sebesar 1.200.000 Bcm dan batubara sebesar 300.000 ton. Sedangkan produksi yang yang diperoleh dari desain pit yaitu sebesar 1.225.026,887 Bcm dan batubara sebesar 322.769,945 ton.



Gambar 15. Desain *Pit* Alternatif II Bulan November 2019

Jam kerja tersedia pada bulan November yaitu sebanyak 356.1 jam. Kegiatan penambangan terdiri dari 7 *fleet* untuk proses OB removal dan 3 *fleet* untuk proses coal getting. Untuk proses OB removal alat yang digunakan yaitu 2 unit *excavator ZX1200* dan 5 unit *excavator ZX870* dengan total kemampuan produksi sebesar 41.227,443 BCM/hari, sedangkan untuk proses coal getting alat yang digunakan yaitu 2 unit *excavator DX700* dan 1 unit *excavator DX500* dengan total kemampuan produksi sebesar 13.310,968 ton/hari.



Gambar 16. Penjadwalan Penambangan Berdasarkan Alternatif Desain II Bulan November 2019

5.6.3 Desain *Pit* Bulan Desember 2019

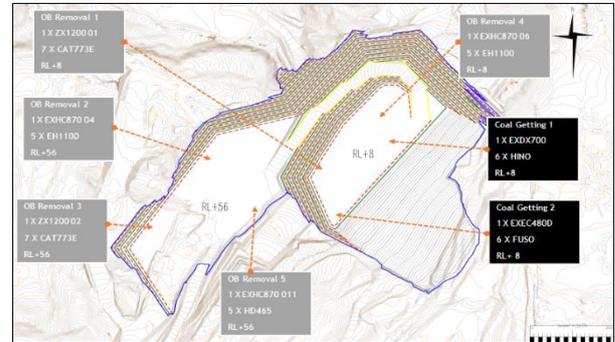
5.6.3.1 Alternatif I

Arah penambangannya dimulai dari arah barat laut menuju arah tenggara. Penjadwalan penambangan pada bulan Desember berdasarkan target produksi OB yang ditetapkan perusahaan sebesar 1.200.000 Bcm dan batubara sebesar 300.000 ton. Sedangkan produksi yang yang diperoleh dari desain *pit* yaitu sebesar 1.235.657,606 Bcm dan batubara sebesar 317.959,9478 ton.



Gambar 17. Desain *Pit* Alternatif I Bulan Desember 2019

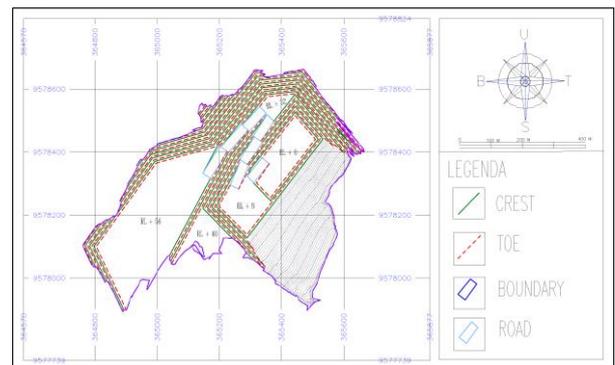
Jam kerja tersedia pada bulan oktober yaitu sebanyak 475,7 jam. Kegiatan penambangan terdiri dari 7 *fleet* untuk proses OB removal dan 2 *fleet* untuk proses coal getting. Untuk proses OB removal alat yang digunakan yaitu 2 unit *excavator ZX1200* dan 5 unit *excavator ZX870* dengan total kemampuan produksi sebesar 45.061,676 BCM/hari, sedangkan untuk proses coal getting alat yang digunakan yaitu 1 unit *excavator DX700* dan 1 unit *excavator EC480D* dengan total kemampuan produksi sebesar 10.468,609 ton/hari.



Gambar 18. Penjadwalan Penambangan Berdasarkan Alternatif Desain I Bulan Desember 2019

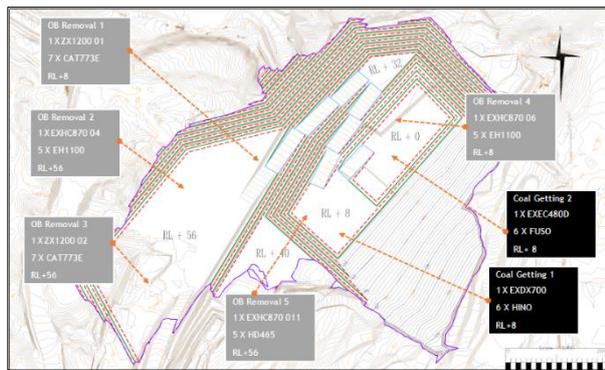
5.6.3.2 Alternatif II

Arah penambangannya dimulai dari arah barat laut menuju arah tenggara. Penjadwalan penambangan pada bulan Desember berdasarkan target produksi OB yang ditetapkan perusahaan sebesar 1.200.000 Bcm dan batubara sebesar 300.000 ton. Sedangkan produksi yang yang diperoleh dari desain *pit* yaitu sebesar 1.238.004,473 Bcm dan batubara sebesar 303.088,44 ton.



Gambar 19. Desain *Pit* Alternatif II Bulan Desember 2019

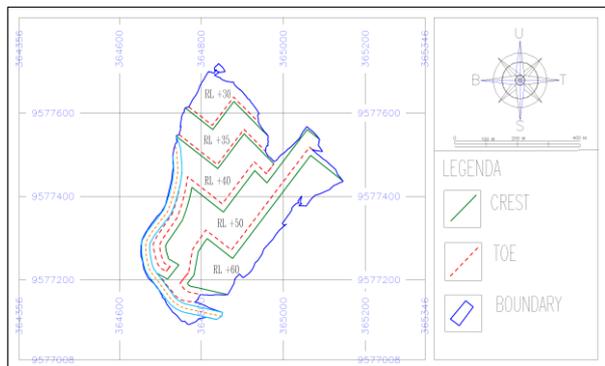
Jam kerja tersedia pada bulan oktober yaitu sebanyak 475,7 jam. Kegiatan penambangan terdiri dari 7 *fleet* untuk proses OB removal dan 2 *fleet* untuk proses coal getting. Untuk proses OB removal alat yang digunakan yaitu 2 unit *excavator ZX1200* dan 5 unit *excavator ZX870* dengan total kemampuan produksi sebesar 45.061,676 BCM/hari, sedangkan untuk proses coal getting alat yang digunakan yaitu 1 unit *excavator DX700* dan 1 unit *excavator EC480D* dengan total kemampuan produksi sebesar 10.468,609 ton/hari.



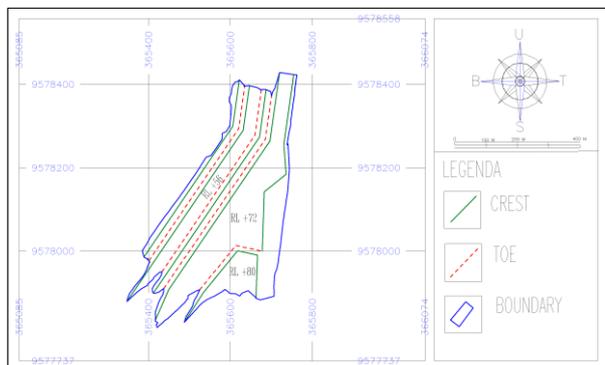
Gambar 20. Penjadwalan Penambangan Berdasarkan Alternatif Desain II Bulan Desember 2019

5.7 Desain Timbunan

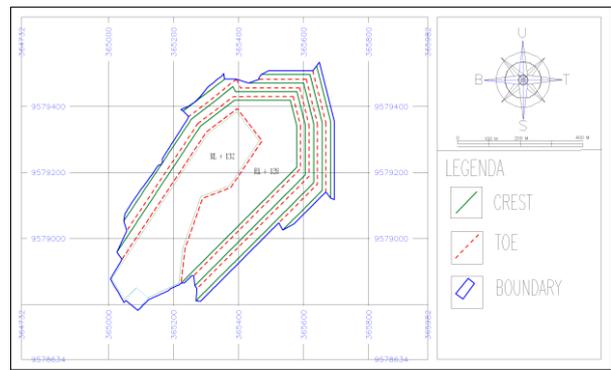
Untuk menampung OB yang dikupas dari *pit* selama penambangan diperlukan area yang luas yang bisa dijadikan area timbunan. Untuk itu, penulis merancang tiga *disposal* di area yang berbeda. *Disposal* yang pertama yaitu *in pit disposal* (IPD) di daerah selatan bekas dari *pit* yang sudah *mine out*, *disposal* yang kedua *out pit disposal* (OPD) 2 terletak di daerah utara diluar area *pit*, sedangkan *disposal* yang terakhir *in pit disposal* (OPD) terletak di daerah utara bekas *pit* yang sudah *mine out*.



Gambar 21. In Pit Disposal (IPD) Selatan.



Gambar 22. In Pit Disposal (IPD) Utara



Gambar 23. Out Pit Disposal (OPD) 2

Pada gambar 21 terlihat area pada *disposal* yang merupakan *mine out area pit* selatan dengan kapasitas sebanyak 1.383.285,567 BCM. Pada gambar 22, area *disposal* terletak di dekat *pit* utara. *Disposal* ini digunakan pada saat *pit* utara sudah *mine out*. *Disposal* ini bisa *overburden* sebanyak 567.596,534 BCM. Pada gambar 23, *disposal* terletak di luar area *pit* yang merupakan lanjutan *disposal* sebelumnya, *disposal* ini mampu menampung *overburden* sebanyak 2.098.449,816 BCM.

5.8 Dimensi Front Penambangan

Front kerja alat merupakan area alat akan bekerja. *Front* kerja alat ini harus memenuhi dimensi yang sesuai dengan alat yang bekerja, jika tidak sesuai akan mempengaruhi mobilitas alat dan produktivitas alat.

Berdasarkan spesifikasi alat yang tersedia di PT. Manggala Usaha Manunggal, maka dimensi *front* penambangan dapat diketahui sebagai berikut:

Pada perhitungan ini, alat mekanis yang penulis pilih untuk kegiatan OB *removal* yaitu *Excavator* Hitachi ZX870LCH dengan *Dumptruck* Hitachi EH1100 dengan spesifikasi:

$$\text{Swing Radius (m)} = 4,6$$

$$\text{Lebar Tambahan(m)} = 3$$

$$\text{Lebar Unit Truck(m)} = 4,98$$

$$\text{Panjang Unit Truck(m)} = 9,68$$

$$\text{Angle}(\text{°}) = 35$$

$$\begin{aligned} \text{Mt} &= \text{Lt} \cos \alpha + \text{Wt} \sin \alpha \\ &= 9,68 \times \cos 35^\circ + 4,98 \times \sin 35^\circ \\ &= 9,68 \times 0,819 + 4,98 \times 0,573 \\ &= 7,93 + 2,86 \\ &= 10,79 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{W min} &= 2(0,5RS) + a + \text{Mt} \\ &= 2 \times (0,5 \times 4,6) + 3 + 10,79 \\ &= 4,6 + 3 + 10,79 \\ &= 18,39 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dimensi *front* penambangan yang harus tersedia untuk *Excavator* Hitachi ZX870LCH dengan *Dumptruck* Hitachi EH1100 adalah 18,38 m.

Sedangkan perhitungan dimensi *front* untuk kegiatan *coal getting* alat mekanis yang penulis pilih yaitu *Excavator* Doosan DX500LC dan *Dumptruck* HINO FM500 dengan spesifikasi:

$$\text{Swing Radius (m)} = 3,67$$

$$\text{Lebar Tambahan(m)} = 3$$

$$\text{Lebar Unit Truck(m)} = 2,46$$

Panjang Unit *Truck*(m) = 8,48
 Angle(°) = 35
 $Mt = Lt \cos \alpha + Wt \sin \alpha$
 $= 8,48 \times \cos 35^\circ + 2,46 \times \sin 35^\circ$
 $= 8,48 \times 0,819 + 2,46 \times 0,573$
 $= 6,95 + 1,41$
 $= 8,36 \text{ m}$
 $W \text{ min} = 2(0,5RS) + a + Mt$
 $= 2 \times (0,5 \times 3,67) + 3 + 8,36$
 $= 3,67 + 3 + 8,36$
 $= 15,03 \text{ m}$

Jadi dimensi *front* penambangan yang harus tersedia untuk *Excavator* Hitachi ZX870LCH dengan *Dumprtruck* Hitachi EH1100 adalah 15,03 m.

Tabel 6 . Dimensi *Front* Penambangan Untuk Kegiatan OB Removal

Alat Gali-Muat		DX700LC	ZX870LCH	ZX1200LCH	ZX1200LCH
Alat Angkut		EH1100/CAT773E/HD465/TR100	EH1100/CAT773E/HD465/TR100	EH1100/CAT773E/HD465/TR100	TR100
Simbol	Job Type	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai
RS	Swing Radius (m)	4.09	4.6	4.85	4.85
a	Lebar Tambahan(m)	3	3	3	3
Wt	Lebar Unit Truck(m)	4.98	2.86	4.98	2.86
Lt	Panjang Unit Truck(m)	9.68	7.93	9.68	7.93
α	Angle(°)	35	35	35	39
Mt	Lebar Saat Truck Manuver(m)	10.79	10.79	10.79	13.37
W min	Dimensi <i>Front</i> Penambangan (m)	17.88	18.39	18.64	21.22

Tabel 7. Dimensi *Front* Penambangan Untuk Kegiatan Coal Getting

Alat Gali-Muat		DX500LC		DX700LC		EC480D		DX870LCH	
Alat Angkut		HINO/MITSUBISHI		HINO/MITSUBISHI		HINO/MITSUBISHI		HINO/MITSUBISHI	
Simbol	Job Type	Nilai		Nilai		Nilai		Nilai	
RS	Swing Radius (m)	3.67		4.09		3.8		4.6	
a	Lebar Tambahan(m)	3		3		3		3	
Wt	Lebar Unit Truck(m)	2.46	1.41	2.46	1.41	2.46	1.41	2.46	1.41
Lt	Panjang Unit Truck(m)	8.48	6.95	8.48	6.95	8.48	6.95	8.48	6.95
α	Angle(°)	35		35		35		35	
Mt	Lebar Saat Truck Manuver(m)	8.36		8.36		8.36		8.36	
W min	Dimensi <i>Front</i> Penambangan (m)	15.03		15.45		15.16		15.96	

5.9 Perhitungan Produksi dan Kebutuhan Alat Mekanis

5.9.1 Populasi Alat yang Tersedia

Tabel 8. Populasi Alat Mekanis PT. Manggala Usaha Manunggal

NO	JENIS PERALATAN	TYPE	JUMLAH
1	Alat Gali-Muat	Excavator Hitachi ZX1200LC	2
		Excavator Hitachi ZX870LC	5
		Excavator Doosan S 500 LC	1
		Excavator Doosan S 700 LC	2
		Excavator Volvo EC480D	1
		Excavator Volvo EC210D	2
2	Alat Angkut	Terex TR100	5
		Terex TR60	5
		Hitachi EH1100	10
		Caterpillar CAT773E	10
		Komatsu HD465	10
		DT Hino	10
		DT Mitsubishi PS	15
3	Alat Penunjang	Bulldozer Caterpillar D10T	1
		Bulldozer Caterpillar D8R	1
		Bulldozer Caterpillar D6R	3
		Bulldozer Komatsu D85R	4
		Motor Grader	8
		Tower Lamp (kecil)	2
		Mega Tower Lamp	3
		Water Truck	4
		Fuel Truck	3
		Mitsubishi Strada Triton	20

5.9.2 Produktivitas Alat

5.9.2.1 Produksi Alat Gali Muat

Tabel 9. Produktivitas *Excavator* Untuk Kegiatan OB Removal

Prod'ty Excavator			
Simbol	Job Type	ZX870LC	ZX1200LC
		Nilai	Nilai
q1	Kapasitas Bucket (m³)	4.5	6.7
K	Bucket Fill Factor	85%	85%
Eff	Efisiensi Kerja	90%	90%
CTm	Cycle Time (detik)	23.77	22.83
CTm	Cycle Time (menit)	0.40	0.38
Sf	Swell Factor	85%	85%
		Hour (detik)	3600
WTm	Jam Kerja per Hari (jam)	0.0	0.000
Q	Productivity (LCM/Jam)	521.306973	808.155
Q	Productivity (BCM/Jam)	443.11	686.93

Tabel 10. Produktivitas *Excavator* Untuk Kegiatan Coal Getting

Prod'ty Excavator			
Simbol	Job Type	ZX870LC	DX500LCH
		Nilai	
q1	Kapasitas Bucket (m³)	4.5	3.1
K	Bucket Fill Factor	85%	85%
Eff	Efisiensi Kerja	90%	90%
CTm	Cycle Time (detik)	27.66	21.55
CTm	Cycle Time (menit)	0.46	0.36
Sf	Swell Factor	74%	74%
		Density Material (Ton/m³)	1.3
	Hour (detik)	3600	3600
Q	Productivity (LCM/Jam)	447.981033	396.219
Q	Productivity (Ton/Jam)	430.96	381.16
Simbol	Job Type	DX700LCH	EC480D
		Nilai	
q1	Kapasitas Bucket (m³)	4.5	3.2
K	Bucket Fill Factor	85%	85%
Eff	Efisiensi Kerja	90%	90%
CTm	Cycle Time (detik)	30.66	19.05
CTm	Cycle Time (menit)	0.51	0.32
Sf	Swell Factor	74%	74%
		Density Material (Ton/m³)	1.3
	Hour (detik)	3600	3600
Q	Productivity (LCM/Jam)	404.231	462.592
Q	Productivity (Ton/Jam)	388.87	445.01

5.9.2.2 Produksi Alat Angkut

Tabel 9. Produktivitas *Dumprtruck* Untuk Kegiatan OB Removal

Prod'ty HD	
Job Type	Nilai
Jumlah Pengisian Bucket	6
Kapasitas Bucket (m³)	4.5
Bucket Fill Factor	85%
Efisiensi Kerja	90%
Swell factor	85%
Density Material (Ton/m³)	2.4
Hour (menit)	60
Cycle Time (menit)	12.47
Jarak (m)	1000
Productivity (LCM/Jam)	99.38
Productivity (BCM/Jam)	84.48

Tabel 9. Produktivitas *Dumptruck* Untuk Kegiatan *Coal Getting*

Job Type	Nilai
Jumlah Pengisian Bucket	6
Kapasitas Bucket (m³)	4.5
Bucket Fill Factor	85%
Efisiensi Kerja	90%
Swell factor	74%
Hour (menit)	60
Density Material (Ton/m³)	1.3
Jam Kerja per Hari	0
Cycle Time (menit)	16.31
Jarak (m)	1000
Productivity (BCM/Jam)	73.10

5.9.2.3 Keserasian Alat Gali-muat dengan Alat Angkut dan Perhitungan Kebutuhan Alat

5.9.2.3.1 Kebutuhan Alat Mekanis Pada Bulan Oktober 2019 Untuk Memenuhi Produksi Desain

Tabel 10. Kebutuhan Alat Mekanis Berdasarkan Produksi Desain Alternatif I Bulan Oktober 2019

Analisa Kebutuhan Alat										
Tahun / Periode	2019 / Quarter IV			Oktober						
Target OB Removal	120528.287	BCM/Bulan	Bulan	Jam Kerja Dalam Sebulan			475.680			
Target OB Removal	38888.01	BCM/Hari	Jam Kerja Dalam Sehari			15.345				
Target Coal Getting	310869.555	Ton/Bulan	SR			3.878				
Target Coal Getting	10028.05	Ton/Hari								
No.	Deskripsi	Unit Tipe	Merek	Kapasitas Produksi		Target Produksi	Kebutuhan		Match Factor	Produksi
A	OB Removal			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)	Teoritis	Total		(Bcm/hari)
1	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	686.93	10540.65	38888.01	3.69	2	1.01	21081.296
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	98.65	1513.68	38888.01	6.96	14		2191.547
				Total Produksi OB		38888.01				41479.283
B	Coal Getting			(Ton/jam)	(Ton/hari)	(Ton/hari)				(Ton/hari)
1	Loading to Truck	DX700	Doosan	388.87	5967.04	10028.05	1.68	1	1.13	5967.037
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	73.10	1121.63	10028.05	5.32	6		6729.804
				Total Produksi Banuhara		10028.05				12795.562
C	Support			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/jam)				(Bcm/hari)
1	Ripping and Dozing	D6R	Caterpillar	1344.37	20628.80	38888.01	1.89	2		41257.592
				Total Produksi		38888.01				41257.592

Tabel 11. Kebutuhan Alat Mekanis Berdasarkan Produksi Desain Alternatif II Bulan Oktober 2019

Analisa Kebutuhan Alat										
Tahun / Periode	2019 / Quarter IV			Oktober						
Target OB Removal	1225796.571	BCM/Bulan	Bulan	Jam Kerja Dalam Sebulan			475.680			
Target OB Removal	39541.82	BCM/Hari	Jam Kerja Dalam Sehari			15.345				
Target Coal Getting	332435.325	Ton/Bulan	SR			3.687				
Target Coal Getting	10723.72	Ton/Hari								
No.	Deskripsi	Unit Tipe	Merek	Kapasitas Produksi		Target Produksi	Kebutuhan		Match Factor	Produksi
A	OB Removal			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)	Teoritis	Total		(Bcm/hari)
1	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	686.93	10540.65	39541.82	3.75	2	1.01	21081.296
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	98.65	1513.68	39541.82	6.96	14		2191.547
3	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	443.11	6799.33	39541.82	5.82	3	1.12	20397.987
4	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	99.38	1524.98	39541.82	4.46	15		22874.671
				Total Produksi OB		39541.82				41479.283
B	Coal Getting			(Ton/jam)	(Ton/hari)	(Ton/hari)				(Ton/hari)
1	Loading to Truck	DX700	Doosan	388.87	5967.04	10723.72	1.80	1	1.13	5967.037
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	73.10	1121.63	10723.72	5.32	6		6729.804
				Total Produksi Banuhara		10723.72				12795.562
C	Support			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/jam)				(Bcm/hari)
1	Ripping and Dozing	D6R	Caterpillar	1344.37	20628.80	39541.82	1.92	2		41257.592
				Total Produksi		39541.82				41257.592

5.9.2.3.2 Kebutuhan Alat Mekanis Pada Bulan November 2019 Untuk Memenuhi Produksi Desain

Tabel 12. Kebutuhan Alat Mekanis Berdasarkan Produksi Desain Alternatif I Bulan November 2019

Analisa Kebutuhan Alat										
Tahun / Periode	2019 / Quarter IV			November						
Target OB Removal	1237040.238	BCM/Bulan	Bulan	Jam Kerja Dalam Sebulan			356.061			
Target OB Removal	39904.52	BCM/Hari	Jam Kerja Dalam Sehari			11.486				
Target Coal Getting	319207.972	Ton/Bulan	SR			3.875				
Target Coal Getting	10297.03	Ton/Hari								
No.	Deskripsi	Unit Tipe	Merek	Kapasitas Produksi		Target Produksi	Kebutuhan		Match Factor	Produksi
A	OB Removal			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)	Teoritis	Total		(Bcm/hari)
1	Loading to Truck	ZX1200	Hitachi	686.93	7889.98	39904.52	5.06	2	1.01	15779.964
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	98.65	1133.04	39904.52	6.96	14		15862.490
1	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	443.11	5089.50	39904.52	7.84	5		25447.479
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	84.48	970.27	39904.52	5.25	27	1.03	26197.207
				Total Produksi OB		39904.52				41227.443
B	Coal Getting			(Ton/jam)	(Ton/hari)	(Ton/hari)				(Ton/hari)
1	Loading to Truck	DX700	Doosan	388.87	4466.50	10297.03	2.31	2	1.13	8933.002
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	73.10	839.58	10297.03	5.32	12		10074.509
1	Loading to Truck	DX500	Doosan	381.16	4377.97	10297.03	2.35	1	1.03	4377.966
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	65.64	753.94	10297.03	5.81	6		4523.655
				Total Produksi Banuhara		10297.03				13310.968
C	Support			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)				(Bcm/hari)
1	Ripping and Dozing	D8R	Caterpillar	2861.40	32865.53	39904.52	1.21	1		32865.529
2	Ripping and Dozing	D6R	Komatsu	1344.37	15441.25	39904.52	2.58	1		15441.255
				Total Produksi		39904.52				48306.783

Tabel 13. Kebutuhan Alat Mekanis Berdasarkan Produksi Desain Alternatif II Bulan November 2019

Analisa Kebutuhan Alat										
Tahun / Periode	2019 / Quarter IV			November						
Target OB Removal	1225026.887	BCM/Bulan	Bulan	Jam Kerja Dalam Sebulan			356.061			
Target OB Removal	39517.00	BCM/Hari	Jam Kerja Dalam Sehari			11.486				
Target Coal Getting	322769.945	Ton/Bulan	SR			3.795				
Target Coal Getting	10411.93	Ton/Hari								
No.	Deskripsi	Unit Tipe	Merek	Kapasitas Produksi		Target Produksi	Kebutuhan		Match Factor	Produksi
A	OB Removal			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)	Teoritis	Total		(Bcm/hari)
1	Loading to Truck	ZX1200	Hitachi	686.93	7889.98	39517.00	5.01	2	1.01	15779.964
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	98.65	1133.04	39517.00	6.96	14		15862.490
1	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	443.11	5089.50	39517.00	7.76	5	1.03	25447.479
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	84.48	970.27	39517.00	5.25	27		26197.207
				Total Produksi OB		39517.00				41227.443
B	Coal Getting			(Ton/jam)	(Ton/hari)	(Ton/hari)				(Ton/hari)
1	Loading to Truck	DX700	Doosan	388.87	4466.50	10411.93	2.33	2	1.13	8933.002
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	73.10	839.58	10411.93	5.32	12		10074.509
1	Loading to Truck	DX500	Doosan	381.16	4377.97	10411.93	2.38	1	1.03	4377.966
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	65.64	753.94	10411.93	5.81	6		4523.655
				Total Produksi Banuhara		10411.93				13310.968
C	Support			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)				(Bcm/hari)
1	Ripping and Dozing	D8SR	Komatsu	820.54	9424.57	39517.00	4.19	2		18849.133
2	Ripping and Dozing	D6R	Caterpillar	1344.37	15441.25	39517.00	2.56	1		15441.255
				Total Produksi		39517.00				34290.388

5.9.2.3.3 Kebutuhan Alat Mekanis Pada Bulan Desember 2019 Untuk Memenuhi Produksi Desain

Tabel 14. Kebutuhan Alat Mekanis Berdasarkan Produksi Desain Alternatif I Bulan Desember 2019

Analisa Kebutuhan Alat										
Tahun / Periode	2019 / Quarter IV			Desember						
Target OB Removal	1235657.606	BCM/Bulan	Bulan	Jam Kerja Dalam Sebulan			389.175			
Target OB Removal	39859.92	BCM/Hari	Jam Kerja Dalam Sehari			12.554				
Target Coal Getting	317959.948	Ton/Bulan	SR			3.886				
Target Coal Getting	10256.77	Ton/Hari								
No.	Deskripsi	Unit Tipe	Merek	Kapasitas Produksi		Target Produksi	Kebutuhan		Match Factor	Produksi
A	OB Removal			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)	Teoritis	Total		(Bcm/hari)
Komtribusi A1)										
1	Loading to Truck	ZX1200	Hitachi	686.93	8623.77	39859.92	4.62	2	1.01	17247.531
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	98.65	1238.41	39859.92	6.96	14		17337.733
Komtribusi B1)										
1	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	443.11	5562.83	39859.92	7.17	5	0.90	27814.144
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	99.38	1247.65	39859.92	4.46	20		24953.027
				Total Produksi OB		39859.92				45061.676
B	Coal Getting			(Ton/jam)	(Ton/hari)	(Ton/hari)				(Ton/hari)
Komtribusi C1)										
1	Loading to Truck	DX700	Doosan	388.87	4881.89	10256.77	2.10	1	0.94	4881.894
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	73.10	917.66	10256.77	5.32	5		4588.289
Komtribusi D1)										
3	Loading to Truck	EC480D	Volvo	445.01	5586.72	10256.77	1.84	1	0.89	5586.715
4	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	65.64	824.06	10256.77	6.78	6		4944.363
				Total Produksi Banuhara		10256.77				10468.609
C	Support			(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)				(Bcm/hari)
1	Ripping and Dozing	D8SR	Caterpillar	820.54	10301.07	39859.92	3.87	1		10301.070
2	Ripping and Dozing	D8R	Caterpillar	2861.40	35922.09	39859.92	1.11	1		35922.087
				Total Produksi		39859.92				46223.156

Tabel 15. Kebutuhan Alat Mekanis Berdasarkan Produksi Desain Alternatif II Bulan Desember 2019

Analisa Kebutuhan Alat									
Tahun / Periode		2019 / Quarter IV		Target OB Removal		1238004.473		Desember	
Target OB Removal		39935.63		Target Coal Getting		303088.449		Target Coal Getting	
Target Coal Getting		9777.05		SR		4.085			
No.	Deskripsi	Unit Tipe	Merek	Kapasitas Produksi (Bcm/jam)	Target Produksi (Bcm/hari)	Kebutuhan Tonoris	Match Factor	Produksi (Bcm/hari)	
A. OB Removal				(Bcm/jam)	(Bcm/hari)	(Bcm/hari)			
Kombinas A1)									
1	Loading to Truck	ZX1200	Hitachi	686.93	8623.77	39935.63	4.63	2	1.01
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	98.65	1238.41	39935.63	6.96	14	
Kombinas B1)									
1	Loading to Truck	ZX870	Hitachi	445.11	5562.83	39935.63	7.18	5	0.90
2	Hauling to Disposal	CAT773E	Caterpillar	99.38	1247.65	39935.63	4.46	20	
Total Produksi OB									
				(Ton/jam)	(Ton/hari)	(Ton/hari)			
B Coal Getting									
Kombinas C1)									
1	Loading to Truck	DX700	Doosan	388.87	4881.89	9777.05	2.00	1	0.94
2	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	73.10	917.66	9777.05	5.32	5	
Kombinas D1)									
3	Loading to Truck	EC480D	Volvo	445.01	5586.72	9777.05	1.75	1	0.89
4	Hauling to ROM	HINO 500FM	Hino	65.64	824.06	9777.05	6.78	6	
Total Produksi Batubara									
C Support									
Kombinas E1)									
1	Ripping and Drilling	D5SR	Komatsu	820.54	10301.07	39935.63	3.88	1	
2	Ripping and Drilling	D6R	Caterpillar	1344.37	16877.32	39935.63	2.37	2	
Total Produksi									

5.10 Pembahasan

Tabel 16. Rekapitulasi Hasil Analisis Data

Total Produksi	Overburden	Coal	Bulan						
			Oktober		November		Desember		
			Alternatif I	Alternatif II	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif I	Alternatif II	
			1205528.287	1225796.571	1237040.238	1225026.887	1235657.606	1238004.473	
			310869.555	332435.323	319207.972	322769.945	317959.948	303088.449	
			Alat Gali-Muat	5	5	7	7	7	7
			Alat Angkut	29	28	41	41	34	37
			MF	1.07	1.03	1.02	1.02	0.96	1.02
			Alat Gali-Muat	2	2	3	3	2	2
			Alat Angkut	12	11	18	18	11	11
			MF	1.16	1.06	1.08	1.08	0.92	0.98

Alternatif-alternatif pemecahan masalah yang telah dilakukan proses pengolahan dan analisis data seperti yang digambarkan pada tabel di atas dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan terkait dengan perencanaan penambangan *pit* SR4 untuk bulan Oktober-Desember 2019.

5.10.1 Alternatif I

Pada bulan Oktober didapatkan total produksi *overburden* sebesar 1.205.528,28 BCM yang terdiri dari 5 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 3 unit *excavator* ZX870 untuk alat gali-muat sedangkan untuk alat angkut yaitu HD Komatsu 465, Hitachi 1100, Terex 60 dan Caterpillar 773E sebanyak 29 unit dengan nilai MF 1,07 dan produksi batubara sebesar 310.869,55 Ton yang terdiri dari 2 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 1 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D melayani 12 unit DT Mitsubishi Fuso/Hino FM dengan MF 1,16.

Pada bulan November didapatkan total produksi *overburden* sebesar 1.237.040,238 BCM yang terdiri dari 7 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 5 unit *excavator* ZX870 untuk alat gali-muat sedangkan untuk alat angkut yaitu HD Komatsu 465, Hitachi 1100, Terex 60 dan Caterpillar 773E sebanyak 41 unit dengan MF 1,03 dan produksi batubara sebesar 319.207,972 Ton yang terdiri dari 3 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D melayani 18 unit DT Mitsubishi Fuso/Hino FM dengan MF 1,08.

Pada bulan Desember didapatkan total produksi *overburden* sebesar 1.235.657,606 BCM yang terdiri dari 7 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan

yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 5 unit *excavator* ZX870 untuk alat gali-muat sedangkan untuk alat angkut yaitu HD Komatsu 465, Hitachi 1100, Terex 60 dan Caterpillar 773E sebanyak 34 unit dengan MF sebesar 0,96 dan produksi batubara sebesar 317.959,9478 Ton yang terdiri dari 2 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 1 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D melayani 11 unit DT Mitsubishi Fuso/Hino FM dengan MF 0,92.

5.10.2 Alternatif II

Pada bulan Oktober didapatkan total produksi *overburden* sebesar 1.225.796,571 BCM yang terdiri dari 5 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 3 unit *excavator* ZX870 untuk alat gali-muat sedangkan untuk alat angkut yaitu HD Komatsu 465, Hitachi 1100, Terex 60 dan Caterpillar 773E sebanyak 28 unit dengan nilai MF 1,03 dan produksi batubara sebesar 332.435,323 Ton yang terdiri dari 2 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 1 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D melayani 11 unit DT Mitsubishi Fuso/Hino FM dengan MF 1,06.

Pada bulan November didapatkan total produksi *overburden* sebesar 1.237.040,238 BCM yang terdiri dari 7 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 5 unit *excavator* ZX870 untuk alat gali-muat sedangkan untuk alat angkut yaitu HD Komatsu 465, Hitachi 1100, Terex 60 dan Caterpillar 773E sebanyak 41 unit dengan MF 1,02 dan produksi batubara sebesar 319.207,972 Ton yang terdiri dari 3 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D melayani 18 unit DT Mitsubishi Fuso/Hino FM dengan MF 1,08.

Pada bulan Desember didapatkan total produksi *overburden* sebesar 1.235.657,606 BCM yang terdiri dari 7 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 2 unit *excavator* ZX1200 dan 5 unit *excavator* ZX870 untuk alat gali-muat sedangkan untuk alat angkut yaitu HD Komatsu 465, Hitachi 1100, Terex 60 dan Caterpillar 773E sebanyak 37 unit dengan MF sebesar 0,96 dan produksi batubara sebesar 317.959,9478 Ton yang terdiri dari 2 fleet dengan rincian alat tambang yang digunakan yaitu 1 unit *excavator* DX700 dan 1 unit *excavator* EC480D melayani 11 unit DT Mitsubishi Fuso/Hino FM dengan MF 0,98.

Dari penjelasan alternatif-alternatif di atas penulis merekomendasikan alternatif II sebagai alternatif terbaik untuk menyelesaikan permasalahan yang ada dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Kegiatan penambangan pada desain alternatif II lebih fokus pada area *pit*, seperti kegiatan *overburden* removal, hal tersebut guna mempertimbangkan kelanjutan tambang untuk bulan selanjutnya, seperti yang sudah penulis rancang, grade jalan pada alternatif II lebih kecil dari pada alternatif I karena grade jalan merupakan salah satu faktor yang harus di perhatikan untuk mencapai target produksi.

2. Area penambangan pada alternatif II lebih luas daripada alternatif I, hal tersebut memudahkan proses kegiatan penambangan karena menyangkut lebar front kerja, jika front kerja tidak sesuai/seimbang dengan alat tambang yang digunakan akan berdampak pada waktu edar dari kegiatan penambangan itu sendiri.

6 Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

1. Bentuk rangan design *pit* dan jalan yang meghubungkan *pit* dengan jalan tambang utama untuk kegiatan produksi bulan Oktober-Desember tahun 2019.

Bentuk desain *pit* dirancang berdasarkan parameter-parameter yang telah digunakan, dimana lebar jalan minimum pada jalan lurus sebesar 19 meter dan 34 meter pada jalan tikungan. Parameter geometri jenjang desain *pit* yang digunakan untuk lebar jenjang yaitu 5 meter, tinggi jenjang 8 meter, single slope 50° dan overall slope 30°.

2. Bentuk rancangan timbunan pada bulan Oktober-Desember tahun 2019

Terdapat 3 *disposal* area untuk menampung 3.688.827,931 BCM *overburden* dengan jarak rata – rata dari *pit* sejauh 1,3 km. Geometri jenjang desain timbunan yang digunakan untuk lebar jenjang yaitu 24 meter, tinggi jenjang 8 meter, single slope 20° dan overall slope 35°. *Disposal* yang pertama yaitu yaitu *out pit disposal* (OPD) terletak di daerah utara dengan kapasitas 2098449.816 BCM, *disposal* yang kedua *in pit disposal* (IPD) di daerah selatan dengan kapasitas 1383285.567 BCM, sedangkan *disposal* yang terakhir *in pit disposal* (IPD) terletak di daerah utara dengan kapasitas 567596.5337 BCM. Geometri jenjang desain timbunan yang digunakan untuk lebar jenjang yaitu 24 meter, tinggi jenjang 8 meter, *single slope* 20° dan *overall slope* 35°.

3. Jumlah cadangan yang tertambang dan *overburden* yang terkupas bulan

Perhitungan produksi *overburden* dan batubara berdasarkan kemampuan alat pada bulan Oktober 2019 sebesar 1.285.857,787 BCM untuk *overburden* dan 396.662,413 ton untuk batubara dengan SR 1:3,2. Bulan November 2019 sebesar 1.278.050,748 untuk *overburden* dan 412.640,017 ton untuk batubara dengan SR 1:3,1. Sedangkan bulan Desember 2019 sebesar 1.396.911,949 untuk *overburden* dan 324.526,888 ton untuk batubara dengan SR 1:4,3.

Berdasarkan desain pada bulan Oktober 2019 pada alternatif I dan II sebesar 1.205.528,28 BCM

dan 1.225.796,571 BCM untuk *overburden*, 310.869,55 ton dan 332.435,323 ton untuk batubara dengan SR masing-masing 1:3,9 dan 1:3,7. Bulan November 2019 pada alternatif I dan II sebesar 1.237.040,238 BCM dan 1.225.026,887 untuk *overburden* dan 319.207,972 ton dan 322.769,945 ton untuk batubara dengan SR masing-masing 1:1,39 dan 1:3,8. Sedangkan bulan Desember 2019 319.207,972 sebesar 1.235.657,606 BCM dan 1.238.004,473 untuk *overburden* dan 317.959,94 ton dan 303.088,449 ton untuk batubara dengan SR masing-masing 1:3,9 dan 1:4,1.

4. Mendapatkan jumlah kebutuhan alat mekanis untuk kegiatan penambangan batubara bulan Oktober-Desember tahun 2019

Bulan Oktoer 2019 alat gali-muat yang dibutuhkan yaitu 2 unit *excavator* Hitachi ZX1200 LCH, 3 unit *excavator* Hitachi ZX870LCH, 1 unit *excavator* Doosan DX700LC, 1 unit *excavator* Volvo EC480D, sedangkan alat angkut yaitu 28 unit HD Caterpillar773E/Komatsu 465/Hitachi EH1100/terex 60, 11 unit DT Mitsubishi FUSO/HINO FM.

Bulan November 2019 alat gali-muat yang dibutuhkan yaitu 2 unit *excavator* Hitachi ZX1200 LCH, 5 unit *excavator* Hitachi ZX870LCH, 2 unit *excavator* Doosan DX700LC, 1 unit *excavator* Volvo EC480D, sedangkan alat angkut yaitu 41 unit HD Caterpillar773E/Komatsu 465/Hitachi EH1100/terex 60, 18 unit DT Mitsubishi FUSO/HINO FM.

Bulan Desember 2019 alat gali-muat yang dibutuhkan yaitu 2 unit *excavator* Hitachi ZX1200 LCH, 5 unit *excavator* Hitachi ZX870LCH, 1 unit *excavator* Doosan DX700LC, 1 unit *excavator* Volvo EC480D, sedangkan alat angkut yaitu 37 unit HD Caterpillar773E/Komatsu 465/Hitachi EH1100/terex 60, 11 unit DT Mitsubishi FUSO/HINO FM.

6.2 Saran

Sebaiknya mine planer melakukan kerjasama dengan tim operational dan memberikan pemahaman kepada pengawas mengenai peta desain *pit* yang telah dibuat agar desain *pit* yang sudah direncanakan berjalan dengan baik.

Memperhatikan undang-undang dan peraturan pemerintah terhadap batasan penambangan sehingga tercapai penambangan yang baik dan benar.

Daftar Pustaka

- [1] Arif, I. I. (2014). Batubara Indonesia. Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Sekretariat Negara, R. I. (2009). Undang–Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

- [3] Indonesia, S. N. (2011). Pedoman pelaporan sumberdaya dan cadangan batubara. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- [4] Arif, I. I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama.
- [5] Arida, M. J., & Yulhendra, D. (2018). Perencanaan Penambangan Jangka Menengah (Quarterly Plan) Batubara Tahun 2018 Di Blok Jebak 2 PT. Nan Riang Desa Ampelu-Jebak Kecamatan Muara Tembesi Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. *Bina Tambang*, 3(4), 1577-1591.
- [6] Hustrulid, William & Kutcha, Mark (2004). *Open Pit Mine Planning and Design*. London : A. A. Balkema Publishers
- [7] Suwandhi, A. (2004). Perencanaan Tambang Terbuka.
- [8] Thompson, R. J. (2011). Mine haul road design, construction and maintenance management. *Mining Roads*, 136.
- [9] Peurifoy, R. L., Ledbetter, W. B., & Schexnayder, C. J. (1985). *Construction planning, equipment, and methods* (No. 4th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- [10] Waterman Sulistiana. 2010. "Perencanaan Tambang – 2". Yogyakarta : UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [11] Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jogjakarta.
- [12] Suwandhi, A. (2004). *Diklat Perencanaan Tambang Terbuka*. Universitas Islam Bandung.
- [13] YR, A. I., Yulhendra, D., & Octova, A. (2014). Perencanaan Penambangan Jangka Menengah (quarterly plan) Nikel Laterit pada *Pit A, B dan C* PT. Gane Permai Sentosa Harita Nickel Pulau Obi, Maluku Utara. *Bina Tambang*, 1(2), 113-123.
- [14] Iswandi, D., Kasim, T., & Murad, M. S. (2018). PERHITUNGAN SUMBERDAYA TERUKUR BATUBARA DAN PERANCANGAN *PIT* PADA AREA *PIT C* PT. PIPIT MUTIARA JAYA (PT. PMJ) SITE BEBATU, DESA BEBATU KEBUN, KECAMATAN SESAYAP HILIR, KABUPATEN TANA TIDUNG, PROVINSI KALIMANTAN UTARA. *Bina Tambang*, 3(2), 920-934.
- [15] Gusmaningsih, K., Murad, M., & Yulhendra, D. (2018). *Desain Pit Tambang Air Laya Barat Untuk Memenuhi Target Produksi Tahun 2018 PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Sumatera Selatan*. *Bina Tambang*, 3(3), 963-973.
- [16] Komatsu, S. (2003). *Specifications and application handbook*.
- [17] Caterpillar, T. C. (2001). *Caterpillar performance handbook*. Caterpillar Inc., Preoria.