

PEMODELAN DESAIN PIT BATUBARA
 DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE MINESCAPE 4.119

MODELING COAL PIT DESIGN USING THE MINESCAPE 4.119 SOFTWARE

M.A.J. Martadinata¹⁾, Sepriadi²⁾

¹⁾Alumni Program Studi Teknik Pertambangan Batubara Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Pertambangan Batubara Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: martadinataboy@gmail.com dan sepri@pap.ac.id

Abstract: Mine design modeling is the process of achieving the ultimate pit limit in a certain period safely profitably, monthly/annual mining sequence, production scheduling and waste dump. The purpose of design modeling is to simplify production scheduling both annual, monthly and weekly/daily. Before making the pit design, bench width, height and slope, haul road width as well as situation map are needed. The stages of making pit design begin from making boundary pit, project and offsets, triangles, pit design intersection with situation maps, clip world, cross sections, plotting and reserves calculation. The coal production in the West Pit in April 2019 was 264.000,000 tons and using Minescape 4.119 software was 298.240,390 tons and the SR obtained was 5:1 which meant 5 volumes of overburden and 1 volume of coal tonnage.

Keywords: pit design, design making, production target

Abstrak: Pemodelan desain tambang ialah proses untuk mencapai (ultimate pit limit) dalam jangka waktu tertentu secara aman dan menguntungkan, urutan penambangan bulanan/tahunan, penjadwalan produksi dan waste dump. Tujuan pemodelan desain ialah untuk mempermudah penjadwalan produksi baik tahunan, bulanan hingga mingguan/harian. Sebelum pembuatan desain pit yang diperlukan adalah lebar bench, tinggi bench, kemiringan bench, lebar jalan angkut, serta peta situasi. Tahapan pembuatan desain pit diawali dari pembuatan boundary pit, pembuatan project and offset, pembuatan triangles, pembuatan intersection pit design dengan peta situasi, pembuatan clip world, pembuatan cross section, pembuatan plotting, serta perhitungan reserves. Produksi batubara pada pit Barat bulan April 2019 sebesar 264.000,000 ton serta dengan menggunakan software Minescape 4.119 sebesar 298.240,390 ton dan SR yang didapat 5:1 yang artinya 5 volume overburden dan 1 volume tonase batubara.

Kata Kunci : desain pit, pembuatan desain, target produksi

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Bukit Asam, Tbk. atau yang biasa disebut dengan PT BA merupakan salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia, PT Bukit Asam, Tbk. menerapkan sistem penambangan terbuka dengan bahan galian yang ditambang adalah batubara. Metode penambangan yang digunakan oleh PT Bukit Asam, Tbk. adalah metode *continous mining* dan *conventional mining*. Metode *continous mining* menggunakan *Bucket Wheel Excavator* (BWE) yang merupakan satu sistem yang saling berkesinambungan. Sedangkan metode *conventional mining* menggunakan alat gali muat dan alat angkut. PT Bukit Asam, Tbk. memiliki beberapa lokasi penambangan yang masih melakukan operasi, diantaranya Tambang Air Laya (TAL), Tambang Muara Tiga Besar (MTB), Tambang Banko Tengah Blok A, dan

Tambang Banko Tengah Blok B. Menurut Badan Standarisasi Nasional Indonesia (1999), endapan batubara adalah endapan yang mengandung hasil akumulasi material organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang telah melalui proses litifikasi untuk membentuk lapisan batubara. Tambang terbuka (*surface mining*) membutuhkan perencanaan rinci mulai dari tahapan awal sampai penutupan tambang (*mine closure*).

Bentuk dari perencanaan tambang salah satunya adalah desain bentuk penambangan. Desain berperan sebagai penentu persyaratan, spesifikasi, dan kriteria teknik untuk mencapai sasaran serta urutan teknis pengerjaannya. Salah satu hasil desain pada perencanaan tambang adalah batas akhir penambangan (*pit limit*).

Target produksi PT Bukit Asam, Tbk. 264.000,000 ton pada bulan April 2019, PT Bukit Asam, Tbk. menginginkan sebuah desain *pit* yang melebihi dari target produksi. Hal

tersebut menjadi dasar alasan untuk melakukan penelitian ini mengenai pemodelan desain *pit* batubara guna melebihi target produksi pada bulan April 2019.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk perencanaan desain *pit* dan *sequence* penambangan batubara berdasarkan produksi dari ketersediaan alokasi alat.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian tugas akhir ini berlokasi di tambang *site* Barat MTB pada bulan April 2019. Pembuatan desain *pit* hanya berdasarkan parameter teknis yang telah ditetapkan oleh PT Bukit Asam, Tbk., yaitu lebar *bench* 10 m, tinggi *bench* 9 m, dengan kemiringan *bench* 45°.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam Penelitian ini adalah membuat pemodelan desain *pit* galian di *site* Barat tambang Muara Tiga Besar PT Bukit Asam, Tbk..

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui hasil pemodelan desain *pit* dengan menggunakan *software Minescape* 4.119.

2. TEORI DASAR

2.1. Perencanaan Tambang

Dalam perencanaan tambang ini akan dibahas pengertian perencanaan tambang, fungsi perencanaan, tujuan perencanaan tambang, masalah perencanaan tambang, dan ruang lingkup perencanaan tambang.

2.1.1 Pengertian 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, dimana dan bagaimana melaksanakannya. Perencanaan tambang (*mine planning*) dapat mencakup kegiatan-kegiatan prospeksi, eksplorasi, studi kelayakan (*feasibility study*) yang dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL), persiapan

penambahan dan kontruksi prasarana dan sarana penambangan, kesehatan dan keselamatan kerja (K3), pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup.

Rancangan (*design*) adalah penentu, persyaratan, spesifikasi dan kriteria teknik yang rinci dan pasti untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan serta urutan teknik pelaksanaannya. Di industri pertambangan juga dikenal rancangan tambang (*mine design*) yang mencakup pula kegiatan-kegiatan seperti yang ada pada perencanaan tambang, tetapi semua data dan informasinya sudah rinci.

Macam-macam perencanaan tambang adalah

1. Perencanaan jangka panjang (*yearly*), yaitu suatu pemodelan rencana kegiatan yang jangka waktunya lebih dari 1 tahun secara berkesinambungan.
2. Perencanaan jangka menengah (*quarterly*), yaitu suatu pemodelan rencana kerja untuk jangka waktu 3 bulanan.
3. Perencanaan jangka pendek (*daily/weekly*), yaitu suatu pemodelan rencana aktifitas untuk jangka waktu harian/mingguan.

Salah satu aspek terpenting dalam perencanaan tambang adalah desain *pit* tambang dimana tahapan ini dilakukan setelah tahap eksplorasi dan studi konseptual diadakan. Faktor teknis merupakan hal yang harus diperhatikan dalam proses perencanaan agar suatu rencana dapat berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Dapat disimpulkan bahwa faktor tersebut berkaitan dengan batas akhir penambangan (*ultimate pit limit*), geometri jalan, dan dimensi jenjang, serta *striping ratio* (SR).

2.1.2 Fungsi Perencanaan

Fungsi perencanaan tergantung dari jenis perencanaan yang digunakan dalam sasaran yang dituju, tetapi secara umum fungsi perencanaan antara lain :

- a. Pengarahan kegiatan, adanya pedoman bagi pelaksanaan kegiatan dalam pencapaian tujuan.
- b. Perkiraan terhadap masalah pelaksanaan, kemampuan, harapan, hambatan, dan kegagalan yang mungkin terjadi.
- c. Usaha untuk mengurangi ketidakpastian.

- d. Kesempatan untuk memilih kemungkinan terbaik.
- e. Penyusunan urutan kepentingan tujuan.
- f. Alat pengukur atau dasar ukuran dalam pengawasan dan penilaian.
- g. Cara penggunaan dan penempatan sumber daya secara berdaya guna dan berhasil guna.

2.1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari pekerjaan perencanaan tambang adalah membuat suatu rencana produksi tambang untuk satu cebakan bijih yang akan :

- a. Menghasilkan tonase bijih pada tingkat produksi yang telah ditentukan dengan biaya-biaya yang semurah mungkin.
- b. Menghasilkan aliran kas (*cash-flow*) yang akan memaksimalkan beberapa kriteria ekonomi, seperti *rate of return (ROR)* atau *net present value (NPV)*.

2.1.4 Masalah Perencanaan Tambang

Masalah perencanaan tambang merupakan masalah yang kompleks, karena merupakan problem geometri tiga dimensi yang selalu berubah dengan waktu. Geometri tambang bukan satu-satunya parameter yang berubah dengan waktu.

Parameter-parameter ekonomi penting yang lainpun seringkali merupakan fungsi waktu juga.

2.1.5 Ruang Lingkup Perencanaan Tambang

Agar perencanaan tambang dapat dilakukan dengan lebih mudah, masalah ini biasanya dibagi menjadi tugas-tugas yaitu pembuatan desain *pit* dan penentuan *pit limit*, perencanaan tambang berdasarkan urutan waktu, pemilihan alat.

1. Pembuatan desain *pit* dan penentuan *pit limit*

Menentukan batas akhir dari kegiatan penambangan (*ultimate pit limit*) untuk suatu jebakan bijih. Ini berarti menentukan berapa besar cadangan bijih yang akan ditambang (tonase dan kadarnya) yang akan memaksimalkan nilai bersih total dari cebakan bijih tersebut. Dalam penentuan batas akhir dari *pit*, nilai waktu dari uang belum diperhitungkan. *Layout* dan desain

tambang berserta penentuan batas penambangan antara lain:

1. *Layout* dan desain tambang terdiri dari :
 - a. Desain *Pit*,
 - b. Desain jalan (*ramp*),
 - c. Desain jenjang (*bench*), dan lain-lain.
2. Penentuan batas penambangan terdiri dari :
 - a. *Optimum stripping ratio*,
 - b. Batas tambang,
 - c. Batas lain: sungai, jalan, dan lain-lain.
2. Perencanaan tambang berdasarkan urutan waktu

Dengan menggunakan sasaran jadwal produksi, gambar atau peta-peta rencana penambangan dibuat untuk setiap periode waktu (biasanya per tahun). Peta-peta ini menunjukkan dari bagian mana di dalam tambang datangnya bijih dan *waste* untuk lahan tersebut. Rencana penambangan tahunan ini sudah cukup rinci, didalamnya sudah termasuk pula jalan angkut dan ruang kerja alat, sedemikian rupa sehingga merupakan bentuk yang dapat ditambang. Peta rencana pembuangan lapisan tanah penutup (*disposal*) dibuat pula untuk periode waktu yang sama sehingga gambaran keseluruhan dari kegiatan penambangan dapat terlihat.

3. Pemilihan alat

Berdasarkan peta-peta rencana penambangan dan penimbunan lapisan penutup dibuat profil jalan angkut untuk setiap periode waktu, dengan mengukur profil jalan angkut ini, kebutuhan armada alat gali-muat dapat dihitung untuk setiap periode (setiap bulan), serta alat-alat bantu lainnya seperti *dozer*, *grader*, *excavator*, dan lain-lain.

Parameter pemilihan alat antara lain :

1. Kondisi tanah dan batuan,
2. Target produksi,
3. Produktivitas,
4. Jumlah alat,
5. Karakteristik material,
6. Tebalan dan kemiringan *coal/ore*,
7. Jam kerja,
8. *Shift* kerja,
9. Jarak angkut,
10. Topografi, dan
11. Cuaca.

2.2 Pertimbangan Dasar Perencanaan Pemodelan *Design* Tambang

Pertimbangan dasar yang harus diperhatikan pada saat merencanakan suatu pemodelan desain tambang adalah pertimbangan teknis, dalam hal ini yang termasuk data pertimbangan teknis adalah :

1. *Ultimate pit limit*

Ultimate pit limit adalah batas akhir atau paling luar dari suatu tambang terbuka yang masih diperbolehkan dengan kemiringan lereng yang masih aman. Metode untuk merancang sebuah batas tambang terbuka (*ultimate open pit*) dibedakan oleh ukuran deposit, kuantitas dan kualitas data, kemampuan analisis, dan asumsi dari seorang *engineer* tersebut. Batas tersebut menunjukkan jumlah bahan galian yang dapat ditambang dan jumlah *overburden* yang harus dipindahkan selama operasi penambangan berlangsung.

Dengan demikian, maka faktor-faktor yang mempengaruhi kemiringan lereng suatu tambang adalah :

- a. Struktur geologi yang meliputi kekar (*joint*), patahan (*sesar*), lipatan (*fold*) dan lain-lain
 - b. Kadar air, merupakan kandungan air tanah di dalam lapisan-lapisan batuan
 - c. Unsur waktu
2. *Stripping ratio* (SR)

Stripping ratio adalah perbandingan antara jumlah material penutup (*overburden*) yang harus dikupas terhadap jumlah bahan galian yang akan dapat ditambang. SR maksimal yang digunakan ialah 9:1, dengan batubara 4600–5000 kalori.

3. Dimensi jenjang

Jenjang (*bench*) didefinisikan sebagai undakan di antara *level* tunggal di mana bahan galian dan pengotornya ditambang pada muka jenjang (*bench face*). Beberapa jenjang dapat dikerjakan secara bersamaan pada elevasi berbeda. Tinggi jenjang adalah jarak vertikal antara titik tertinggi (*crest*) dan terendah (*toe*). Tinggi jenjang biasanya menyesuaikan dengan spesifikasi alat yang beroperasi, misalnya alat bor dan alat gali-muat. Kemiringan jenjang (*bench slope*)

adalah sudut antara garis horizontal dan garis muka jenjang, biasanya dinyatakan dalam derajat.

Untuk menambah kestabilan lereng *pit* dan dengan alasan keselamatan, dibuat *berm*. *Berm* adalah lebar horizontal di batas lereng akhir. Interval, sudut lereng, dan lebar *berm* ditentukan berdasar aturan geoteknik. *Berm* disebut pula dengan jenjang penangkap.

Overall pit slope angle (sudut kemiringan lereng keseluruhan) adalah sudut dimana lereng tambang terbuka dapat bertahan, diukur antara garis horizontal dengan garis imajiner yang menghubungkan *crest* teratas dan *toe* terbawah. *Angle of repose* atau *angle of rest* adalah kemiringan maksimum dimana material lepas tetap bertahan tanpa mengalami longsor. *Suboutcrop depth* adalah kedalaman material pengotor yang harus dipindahkan sebelum bahan galian tersingkap ke permukaan, atau dikenal dengan istilah pengupasan praproduksi.

4. Kondisi geometri jalan

Kondisi geometri jalan terdiri dari beberapa parameter antara lain lebar jalan, kemiringan jalan, jumlah jalur, *superelevasi*, *cross slope*, dan jarak terdekat yang dapat dilalui jalan angkut.

2.3 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi adalah bagian yang sangat penting dalam proses penambangan, dimana target dari penjadwalan produksi adalah menentukan keuntungan yang paling optimal dengan menentukan pengaturan produksi per periode waktu tertentu. Penjadwalan produksi dilakukan secara konvensional dengan coba-coba, membuat berbagai skenario produksi dan menentukan skenario yang paling menguntungkan berdasarkan nilai uang sekarang. Secara mudah adalah semakin cepat menghasilkan untung maka nilai uang akan semakin baik, maka penjadwalan produksi akan mengarah bagaimana cara mendapatkan bahan galian secepat mungkin.

Suatu penjadwalan produksi tambang menyatakan ton bahan galian, kadar, dan pemindahan material total yang akan dihasilkan oleh tambang tersebut dalam

periode waktu (tahun atau bulan). Data masukan dasar penjadwalan produksi adalah tonase dari tahap-tahap penambangan, yaitu tabulasi ton dan kadar per jenjang dari material yang akan ditambang untuk tiap tahapan. Fokus dalam perencanaan jangka panjang adalah menyusun jadwal produksi dan menentukan kebutuhan peralatan untuk mengoperasikan jadwal tersebut. Selama proses penjadwalan, evaluasi beberapa alternatif sering dilakukan (Arif dan Adisoma, 2002 : 1).

Asumsi awal yang diperlukan untuk mengembangkan suatu jadwal :

- a. Tingkat produksi bijih atau batubara untuk tiap periode waktu, dapat ditentukan dengan studi perbandingan tingkat produksi, dan tingkat produksi dapat berubah atau meningkat dengan waktu.
- b. *Cut off grade (COG)* untuk tiap periode waktu, beberapa jadwal sering dibuat untuk mengevaluasi strategi *cut-off grade* yang berbeda.
- c. Dua butir di atas hingga tingkat tertentu akan mempengaruhi jadwal pengupasan tanah/material penutup (Arif dan Adisoma, 2002 : 1-2).

Pada saat penjadwalan produksi sangat bergantung pada ketersediaan alat yang ada di suatu perusahaan dengan cara menghitung produktivitas alat tersebut selama 1 bulan kemudian dikaitkan dengan hasil *design pit limit* yang mana sudah didapat jumlah cadangan batubara dan *overburden*.

2.4 Software Minescape

Minescape merupakan *software* perencanaan tambang terpadu yang dirancang khusus untuk industri pertambangan mencakup semua aspek informasi teknis tambang, mulai dari data eksplorasi hingga penjadwal produksi tambang. Hal mendasar dari *Minescape* adalah fitur sistem terbuka dan kemampuan untuk dikembangkan. Proses *Minescape* mendukung berbagai macam *software* aplikasi khusus yang memungkinkan secara interaktif membuat dan mengolah model-model geologi tiga dimensi serta desain tambang. Sistem grafik CAD 3D yang handal dan dinamis merupakan inti dari sistem *Minescape*. *Minescape* dirancang untuk

digunakan oleh semua profesional tambang termasuk *surveyor*, *geologist* dan *mine engineer*. Fleksibilitas yang dimiliki oleh *Minescape* memastikan bahwa *software* tersebut dapat digunakan dalam perencanaan tambang jangka pendek dan jangka panjang untuk tambang batubara dan bijih.

Minescape memiliki *interface* intuitif yang disebut *graphical task interface (GTI)*. *Interface* tersebut menjadikan pekerjaan lebih mudah dikerjakan sehingga lebih efisien dan mengurangi kebutuhan pelatihan. \

Bagian-bagian penting yang terdapat pada menu program *Minescape* antara lain sebagai berikut :

1. *Project*, dan
2. Aplikasi-aplikasi *Minescape*
3. Komponen-komponen *Interface*
 - a. *GTI Window*

GTI window merupakan *front-end* sistem *Minescape* yang menyediakan manajemen *interface* yang kaya akan gambar-gambar dan secara visual berbeda dari *environment minescape*. *GTI* merupakan kependekan dari *graphical task interface* yang terdiri dari *base window* dan berisi sejumlah *page* yang dapat dikonfigurasi untuk kebutuhan pemakai yang ditampilkan sebagai tab-tab dalam *tab-deck*.

b. *Page*

Page merupakan *accumulate windows* yang menjalankan fungsi-fungsi khusus dan ditampilkan di dalam *GTI window*. Hingga 32 *page* dapat ditampilkan secara bersamaan dalam *GTI window*, tergantung pada kemampuan RAM, dan sebagainya. Secara umum, *page* ada dua macam, yaitu *Minescape page* dan *monitor page* :

Minescape page menyediakan fungsi-fungsi *Minescape* (misalnya: *mine modelling*). *Pagework* sentral dari suatu *page* mampu menampilkan grafik CAD dalam satu atau lebih *CAD windows*. Sarana *Minescape* lainnya dapat juga ditampilkan dalam area ini. Setiap produk yang dilisensikan memiliki *page* yang sesuai sehingga fungsi produk tersebut dapat diakses.

Monitor page menyediakan layanan pemantauan dan kontrol terhadap modul-

modul yang dijalankan selama *session Minescape* dan mengkomunikasikan langsung dengan server modul *Minescape*. *Pagework* sentral dari *Monitor page* menampilkan modul-modul menurut *batch* yang ingin dijalankan. Informasi lengkap untuk setiap modul dapat diperoleh dengan mudah. *Page* tersebut juga meliputi kontrol-kontrol untuk melihat, jeda, mengakhiri dan memulai eksekusi modul dan berinteraksi dengan modul *server*.

c. CAD Window

CAD *window* menampilkan grafis 3D CAD dari *minescape (computer aided design)*. Subsistem CAD GTI memadukan bahasa pemrograman dengan arsitektur *client/server* sehingga dapat menyediakan fasilitas *edit* dan *management* data grafis secara menyeluruh.

d. Form

Form merupakan *window* tersendiri yang menampilkan parameter dan data yang relevan untuk mengoperasikan *Minescape* secara khusus serta memungkinkan anda untuk melihat, memanipulasi parameter secara interaktif dan menyerahkan modul-modul tersebut untuk dijalankan.

e. Bahasa pemrograman

Minescape programming language atau MPL merupakan bahasa pemrograman aplikasi tingkat tinggi untuk program-program penulisan (dikenal dengan *user commands*) yang berinteraksi dengan data dan modul-modul *Minescape*. MPL terdiri dari fungsi spesialis yang secara internal dikenal dengan MPL *verbs*.

Action MPL merupakan kemas gambar derivatif dari MPL standar yang memungkinkan program-program (yang dikenal sebagai *action*) ditulis dengan menghubungkan *interface Minescape* dan fungsionalitas dasar. *Action* MPL *verbs* dapat direferensikan di dalam program sehingga memberikan kemudahan akses terhadap banyak *feature minescape*.

f. Modules

Modules merupakan program khusus *Minescape* untuk membuat, mengimpor, mengeksport dan menampilkan data yang

kompleks. Modul tersebut dijalankan untuk memproses data-data yang kompleks dan memerlukan banyak memori seperti *modelling*, pembuatan *contour* dan penghitungan volume. Secara eksternal semua model dijalankan dari *interface Minescape* GTI baik di dalam *foreground* ataupun *background* melalui modul *server* yang tersedia. Dengan menjalankan modul-modul tersebut dalam *background*, anda dapat terus menggunakan *interface* grafis secara bebas dari berbagai *overhead* yang berhubungan.

g. Libraries and tools

Minelib adalah suatu *mining* yang berorientasi pada kegunaan *library* dan menyediakan sebuah API untuk manajemen data *surface*, *management* data *grid*, *management* data tabel dan *editing spread sheet*, *database mining block*, *koordinat geometry* dan *graphics output (COGO) tools*.

h. Produk-produk Minescape

Produk adalah *plug-in* perangkat lunak khusus yang dipadukan dengan aplikasi *Minescape*. Produk-produk *plug-in* memberikan kehandalan dalam aplikasi dan fungsi-fungsi tambahan yang khusus pada operasi-operasi tertentu.

Produk-produk yang tersedia dalam *Minescape* untuk *release* ini meliputi:

1. *Drill Hole Database (GDB)*,
2. *Stratigraphic Modelling*,
3. *Block Modelling*,
4. *Open Cut Planning*,
5. *Underground Planning*,
6. *Schedulling*,
7. *Mine Surveying*,
8. *Haul Road Design*,
9. *Drill and Blast*, dan
10. *Dragline Modelling*.

2.5 Parameter - parameter Rancangan (Design) Tambang

1. Informasi topografi permukaan detail
 Informasi ini dapat dalam bentuk kontur hasil digitasi yang tersimpan dalam file komputer, atau berupa *file survey* titik-titik ketinggian, termasuk *drillhole collars*. Alternatif lain yaitu memodelkan

permukaan dari data titik-titik ketinggian menggunakan *Digital Terrain Modelling* (DTM) yang dibangun secara efektif dengan metode triangulasi.

2. Kemiringan jenjang (*batter*)

Pada awalnya sebuah desain *pit* dibuat dengan *overall slope* sebesar 45° dan kemudian dimodifikasi berdasarkan informasi geoteknik dari material yang ada dalam *pit* tersebut. *Batter* dapat diatur pada kemiringan $30^\circ - 35^\circ$ untuk *overburden*, meningkat hingga $35^\circ - 40^\circ$ untuk batuan yang lapuk, dan hingga 55° untuk batuan fresh. Menurut Robert, Hook dan Fish (1972) sebaiknya kemiringan lereng kurang dari 60° pada kedalaman 65 meter dan kurang dari 40° pada kedalaman 300 meter.

3. Tinggi jenjang

Ketinggian jenjang berbeda-beda untuk setiap *pit*. Tergantung pada peralatan yang digunakan, kedalaman *pit* dan pada geologi lokal atau derajat iklimnya. Lereng pada *overburden* yang lemah atau tak terkonsolidasi, atau pada tanah yang terekpos relatif lebih tipis, kurang lebih 2-5 meter. Sebuah *survey* yang dilakukan *Canadian Mining Journal* (1988) menunjukkan bahwa untuk range yang lebar dari beberapa badan bijih, lereng-lereng bervariasi tingginya dari 6-20 meter. Pada operasi tambang yang besar, yang memproduksi 10.000 ton/hari penambangan dapat dioperasikan pada lereng dengan ketinggian 9 meter. Pada *Continental Pit*, Butte, Montana, terdapat lereng berketinggian 12 meter pada alluvium hingga 24 meter pada batuan kompeten. Operasi-operasi tambang yang lebih kecil biasanya menggunakan lereng dengan ketinggian 6-8 meter.

4. Permukaan lereng (*berm face*)

Kemiringan dari lereng dapat dibedakan menurut jenis dari lereng tersebut. Misalnya sebuah lereng aktif atau lereng kerja (*working bench*) dapat menggunakan pedoman stabilitas jangka pendek, yaitu lereng dapat dibuat relatif lebih terjal. Namun untuk lereng permanen, pertimbangan utama yang digunakan adalah

jangka panjang. Kemiringan lereng dapat ditentukan dan dicapai dengan pemilihan alat yang tepat. Menurut Walton & Atkinson (1978), *loading shovel* dapat membentuk lereng dengan kemiringan $60^\circ - 80^\circ$, *hydraulic shovel excavator* untuk $45^\circ - 90^\circ$ kemiringan, sedang *hydraulic backhoe* dapat membentuk $30^\circ - 90^\circ$ dan *front and loaders* untuk lereng $30^\circ - 80^\circ$. Sebuah desain *pit* atau *quarry* terdiri dari kontur-kontur yang menggambarkan *crest* dan *toe* dari tiap lerengnya.

5. Lebar *berm*

Lebar jenjang disesuaikan dengan *ultimate slope* dan *single slope* pada ketinggian yang ditentukan. Namun, jika *pit* semakin dalam, maka lebar jenjang juga semakin lebar. *Berm* dapat pula merefleksikan ukuran *ore deposit*. Misalnya *berm* yang lebar untuk tembaga porfiri dan *berm* yang lebih kecil untuk urat emas. Lebar dari jalan angkut yang umumnya mengikuti *berm*, ditentukan oleh ukuran truk yang digunakan, yang relatif terhadap ukuran *ore body* dan kapasitas produksi yang diharapkan.

6. Kedalaman *pit bottom*

Penentuan *pit bottom* (dasar *pit*) sangat tergantung pada banyak faktor seperti perubahan *stripping ratio*, naiknya biaya produksi dan pengangkutan, nilai mineral yang ditambang, ukuran (jumlah) deposit, serta kapasitas *mill* dan produksi. Batas kedalaman penambangan dapat dioptimisasi menggunakan prosedur-prosedur optimisasi design seperti *Lerchs and Grossman*.

7. Jalan angkut (*haul road*)

Faktor ini biasanya mengikuti proses *design* setelah kedalaman *pit bottom* didefinisikan. Jalan angkut dirancang pada jenjang dasar kemudian mengikuti naiknya jenjang ke arah permukaan dengan *gradien* (kemiringan) berkisar antara 8-12%. *Ramp* ini dapat berupa jalan lingkaran yang melingkar keatas melalui dinding *pit* atau *switchback* yang hanya melalui salah satu dinding *pit* (kemungkinan keberadaannya dikarenakan kekuatan material pada dinding tersebut atau kapasitas muat angkutnya yang cukup baik).

2.6 Pengelompokan Tambang Terbuka

Pada prinsipnya tambang terbuka dapat digolongkan ke dalam empat golongan :

1. *Open pit / open mine / open cut / open cast* adalah tambang terbuka yang diterapkan pada penambangan *ore* (bijih). Misalnya nikel, tembaga, batubara dan lain-lain.
2. *Strip mine* penerapan khusus endapan yang mendatar. Contoh tambang batubara di Tanjung Enim.
3. *Quarry* adalah tambang terbuka yang diterapkan pada endapan mineral industri. Contoh tambang batu pualan di Tulung Agung.
4. *Alluvial mining* dapat dikatakan sebagai "*placer mining*" ataupun di Australia disebut "*Bench mine*", yaitu cara penambangan untuk endapan *placer* atau *alluvial*. Contoh tambang *Cassiterite* di Pulau Bangka Belitung dan sekitarnya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada adalah penelitian kuantitatif dengan proses penelitiannya langsung melakukan observasi ke lapangan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan yang dilakukan untuk penelitian ini dilaksanakan di PT Bukit Asam, Tbk. yang berlokasi di Jalan Parigi No.1 Tanjung Enim 31716 Propinsi Sumatera Selatan. Waktu pelaksanaannya pada tanggal 1 April sampai dengan 16 Mei 2019.

3.3 Metode Penelitian

Masalah-masalah yang dibahas pada penelitian ini, dapat menggunakan beberapa metode penyelesaiannya sebagai berikut :

1. Studi literatur
 Studi literatur dilakukan dengan mencari informasi serta teori yang berhubungan dengan kondisi jalan angkut berdasarkan referensi dari *handbook*, dan dari sumber referensi lainnya.
2. Observasi
 Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati desain *pit* yang ada di PT Bukit Asam, Tbk..
3. Pengambilan data

Pengambilan data tergantung dari jenis data yang dibutuhkan, yaitu

- a. Data sekunder, antara lain: Peta situasi, Rencana produksi, Peta sekuen, Peta stratigrafi dan litologi, dan Peta kesampaian daerah MTB.
 - b. Data primer, antara lain: lebar jalan angkut batubara, dan data jarak angkut dari *front* ke *stockpile BWE 203*.
4. Pengolahan data

Data-data yang telah diperoleh kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis data kemudian dilakukan analisis serta perhitungan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan dari penelitian tugas akhir ini.

Pada pengolahan data ini, *Microsoft Excel* berguna sebagai *software* pendukung yang berfungsi untuk menghitung selisih produksi hasil *software Minescape 4.119* dengan produksi aktual. Selanjutnya, *software Paint* yang berguna untuk mengubah *format file* EMF menjadi JPEG. Pada pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan SR dari hasil volume yang didapatkan dari *software Minescape* dengan cara, yaitu :

$$SR = \frac{\text{Total Volume OB (bcm)}}{\text{Total Tonase Batubara (ton)}}$$

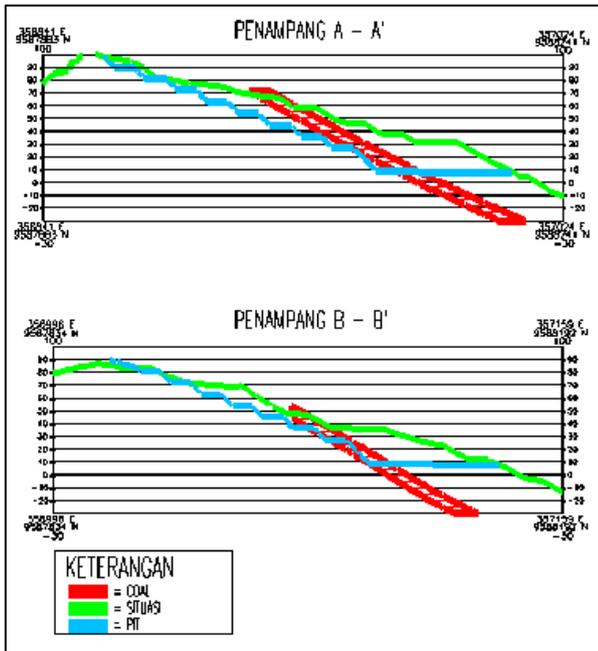
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahapan-Tahapan Pembuatan Desain Pit

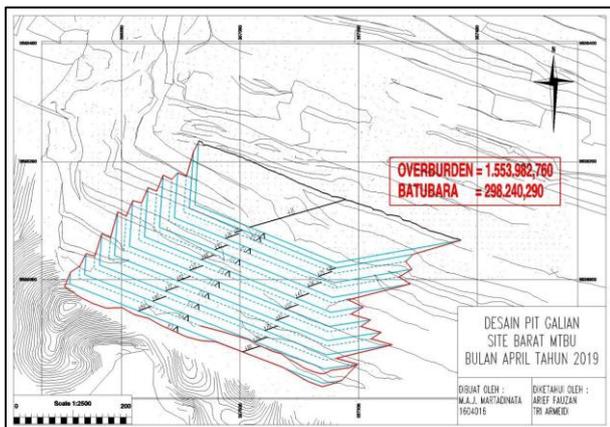
Tahapan-tahapan pembuatan desain *pit* secara manual menggunakan parameter rancangan yang telah ditetapkan oleh geoteknik. Pembuatan desain *pit* yang direncanakan oleh perusahaan sebesar 264.000,000 ton pada bulan April tahun 2019. Asumsi Parameter yang diperlukan dalam merancang desain *pit* pada *site* barat adalah dengan lebar *bench* 10 meter, tinggi *bench* 9 meter, kemiringan *bench* 45°, lebar jalan angkut batubara 25 meter dan *grade* jalan 8%. Dengan metode penambangan *convensional mining* menggunakan alat gali muat dan alat angkut.

Tabel 4.1 Parameter Geoteknik

Parameter Geoteknik	Keterangan
Lebar <i>Bench</i>	10 meter
Tinggi <i>Bench</i>	8 meter
Kemiringan <i>Bench</i>	45°



Gambar 4.1 Desain *Pit* Setelah *Cross Section*



Gambar 4.2 Hasil *Plotting* Desain *Pit* Galian

Hasil produksi batubara yang terdapat pada bulan April Tahun 2019 menghasilkan batubara sebanyak 264.000,000 ton dengan desain yang dibuat oleh perusahaan, sedangkan pada hasil produksi menggunakan *software Minescape* 4.119 menghasilkan batubara sebanyak 298.240.390 ton dengan asumsi parameter yang dibuat. Perbedaan antara hasil desain yang dibuat pihak

perusahaan dengan asumsi parameter karena adanya beda tinggi *bench*, sebelumnya tinggi *bench* 8 meter dan dengan asumsi dibuat tinggi *bench* 9 meter.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Reserves Excel*

Seam	Burden	Total Volume (BCM)	Massa (ton)
C	ACUAN APRIL	799.126.772	0
C	RESOURCE	229.414.983	298.240.390
C	UNDERBURDEN	141.669.309	0
UNASSIGNED	ACUAN APRIL	383.771.696	0
Total		1.553.982,760	298.240,390

Tabel di atas merupakan hasil *reserves* dari *software Minescape* 4.119 dengan total volume *overburden* sebesar 1.553.982,760 bcm dan total volume batubara 298.240,390 ton.

4.2 Perbedaan Hasil Produksi Batubara

Hasil produksi batubara yang terdapat pada bulan April 2019 menghasilkan batubara sebanyak 264.000,000 ton, sedangkan pada hasil produksi menggunakan *software Minescape* 4.119 menghasilkan batubara sebanyak 298.240.390 ton. Selisih produksi batubara pada bulan April 2019 dengan produksi batubara menggunakan *software Minescape* 4.119 sebesar 34.240,390 ton dan SR yang didapat 5:1.

4.2.1 Jumlah Alat Gali dan Muat Batubara
Jumlah Alat Gali dan Muat Batubara berdasarkan produksi bulan April dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah Alat Gali dan Muat Batubara

Jumlah Alat Gali dan Muat Batubara :		
Batubara	Jenis Alat	Jumlah (unit)
Pemuatan	PC 400	1
	PC 400	1
	PC 400	1
	Total	3
Pengangkutan	DT 30 ton	5

Jumlah Alat Gali dan Muat Batubara :		
Batubara	Jenis Alat	Jumlah (unit)
	DT 30 ton	5
	DT 30 ton	5
	Total	15

Jenis alat muat batubara menggunakan *Excavator* PC 400 dengan total ada 3 unit alat, sedangkan untuk alat angkut batubara menggunakan *dump truck* Hino 500 FM 320 TI kapasitas 30 ton dengan total ada 15 unit alat.

Faktor yang mempengaruhi hasil produksi di lapangan diantaranya :

1. Pengawasan,
2. Kinerja operator,
3. Kondisi alat, dan
4. Kondisi jalan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan tersebut, maka kesimpulan dari penelitian ini, yaitu: pemodelan desain *pit* pada *site* barat di wilayah Muara Tiga Besar menggunakan *software Minescape 4.119* didapat volume batubara sebesar 298.240,390 ton, sedangkan realisasi volume batubara pada bulan April Tahun 2019 MTBU sebesar 264.000,000 ton.

DAFTAR PUSTAKA

Irwandi, Arif dan Gatut Adisoma. 2002. *Perencanaan Tambang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Sudrajat, N. 2013. *Pertambangan Indonesia*. Yogyakarta: Pustaka Yustisia.

PT Bukit Asam. 2019. *Parameter Geoteknik*. Tanjung Enim : Satuan Kerja Eksplorasi Rinci.

