

BAB III

LANDASAN TEORI

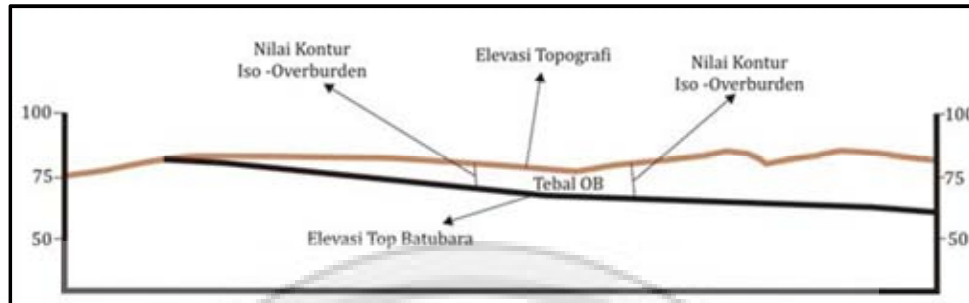
3.1 Penentuan dan Pemilihan Pit Potensial

Penentuan dan pemilihan *pit* potensial merupakan langkah awal dalam melakukan evaluasi cadangan batubara. Penentuan *pit* potensial ini diperlukan untuk dapat memperkirakan/memprediksi suatu areal sumberdaya batubara yang potensial untuk nantinya akan dikembangkan menjadi suatu lokasi *pit* penambangan. Data awal yang diperlukan merupakan data yang diperoleh/dihasilkan pada saat melakukan model sumberdaya, yaitu :

- a. Peta topografi : untuk mengetahui (melihat) variasi topografi (terutama daerah tinggian – lembah).
- b. Peta geologi lokal : untuk mengetahui variasi litologi, pola sebaran dan kemenerusan lapisan batubara, serta pola struktur geologi.
- c. Peta iso-ketebalan : untuk mengetahui variasi ketebalan dari batubara, sehingga jika disyaratkan ketebalan minimum yang akan dihitung, maka peta ini dapat digunakan sebagai faktor pembatas.
- d. Peta elevasi *top* (atap / *roof*) batubara ; untuk mengetahui pola kemenerusan lapisan batubara.

Langkah awal yang dilakukan untuk penentuan *pit* potensial ini adalah membuat (mengkonstruksi) peta *iso-overburden*, yaitu dengan cara melakukan *overlay* antara peta struktur *roof* (elevasi *top*) batubara dengan peta topografi (Gambar 3.1). Nilai kontur pada peta *iso-overburden* merupakan refleksi dari ketebalan *overburden*. Peta *iso-overburden* secara umum (gamblang) dapat

menggambarkan (merefleksikan) kondisi sebaran batubara terhadap variasi topografi pada areal tertentu.



Sumber : Diktat Evaluasi dan Optimasi Cadangan Batubara, 2011

Gambar 3. 1
Sketsa Konstruksi Peta Iso-Overburden.

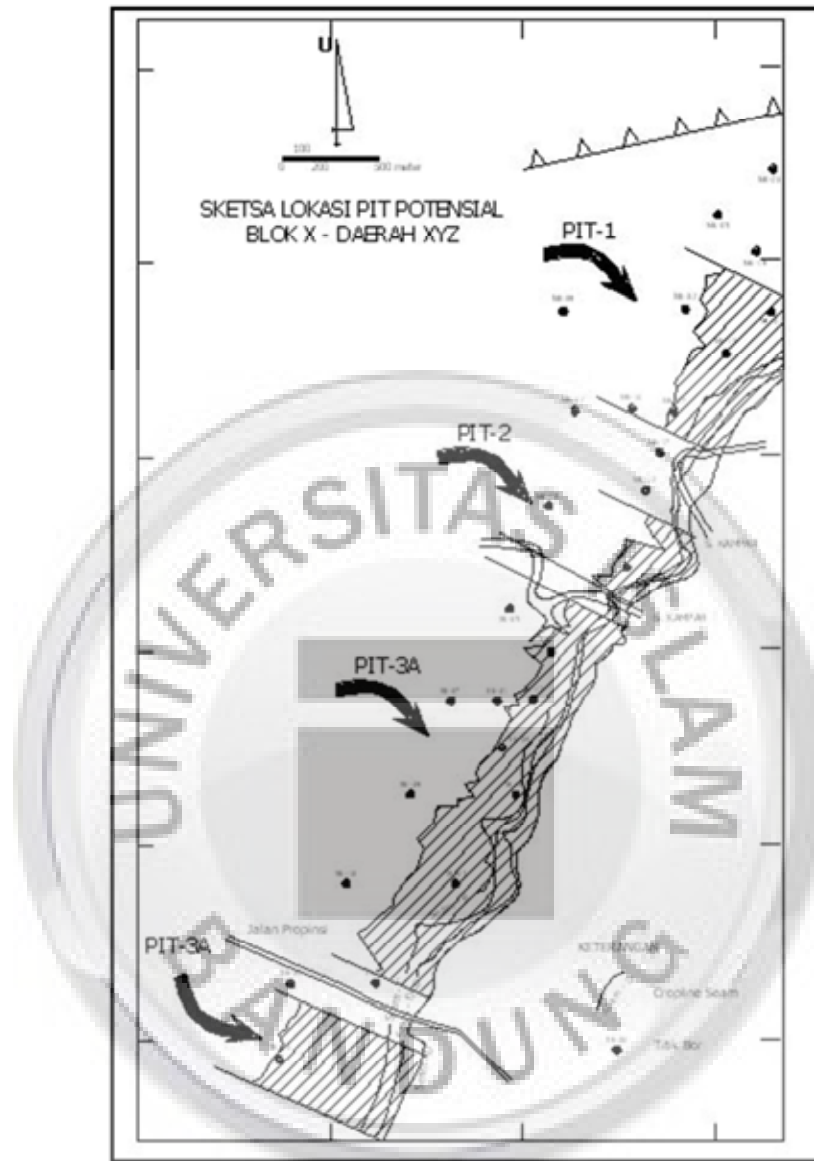
Pada beberapa kondisi khusus seperti terbatasnya tinggi (tebal) *overburden* yang disyaratkan, maka Peta *Iso-overburden* ini dapat dengan cepat digunakan sebagai faktor pembatas dalam penentuan *pit limit*.

Adapun pola umum yang dapat diterapkan untuk penentuan *pit* potensial adalah sebagai berikut :

- a. Identifikasikan faktor-faktor pembatas, seperti :
 - Struktur geologi : jika pada model sumberdaya batubara diidentifikasi terdapat beberapa struktur geologi (seperti patahan), maka dapat dipisahkan menjadi beberapa *pit* potensial.
 - Kondisi litologi : jika pada model sumberdaya batubara diidentifikasi adanya blok intrusi, maka blok intrusi tersebut harus ditentukan batasnya untuk pembatas *pit* potensial.
 - Kondisi geografis : jika pada peta topografi diketahui mengalir suatu sungai yang besar dan secara teknis sungai tersebut tidak dapat dipindahkan, maka dapat dipisahkan menjadi beberapa *pit* potensial.

- Kondisi geologi batubara : jika diidentifikasi adanya ketebalan batubara yang tidak memenuhi syarat seperti $t < 0,5$ m, maka dengan memanfaatkan peta isopach ketebalan dapat digunakan sebagai batas *pit* potensial.
 - Kondisi geoteknik : jika diketahui *limit* (batas) ketinggian lereng maksimum, maka ini juga dapat merefleksikan batasan ketebalan *overburden* maksimum.
 - Kondisi pembatas lain : misalnya adanya jalan, perkampungan, atau areal lindung, maka dengan memplotkan lokasinya dapat digunakan sebagai batas *pit* potensial.
- b. Analisis peta *iso-overburden* :
- Dengan memperhatikan pola kontur peta *iso-overburden*, seperti :
- Kontur rapat dan berada di dekat *cropline* batubara, menunjukkan ketebalan *overburden* relatif mempunyai variasi yang besar dan intensif. Kondisi ini dapat disebabkan oleh adanya tinggian/punggungan (bukit) di atas lapisan batubara,
 - Kontur relatif renggang dan mempunyai pola menjauhi *cropline* batubara. Kondisi ini menguntungkan, karena variasi ketebalan *overburden* relatif mempunyai interval yang lebar.

Dengan mengkombinasikan kedua faktor di atas (faktor pembatas dan faktor ketebalan *overburden*), maka dengan cepat lokasi *pit* potensial dapat dilokalisasi (ditentukan). Dengan mengetahui lokasi *pit* potensial ini, maka optimasi cadangan batubara dapat dilakukan pada areal yang terbatas, yaitu areal yang telah dapat diprioritaskan. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat contoh penentuan lokasi *pit* potensial dengan pendekatan faktor pembatas yang berbeda.



Sumber : Diktat Evaluasi dan Optimasi Cadangan Batubara, 2011

Gambar 3. 2
Penentuan dan Pemilihan *Pit* Potensial

3.2 Batas Penambangan (*Pit Limit*)

Batas penambangan (*pit limit*) sangat menentukan jumlah produksi dan umur serta ekonomi suatu perusahaan tambang. Parameter – parameter yang mempengaruhi batas penambangan (*pit limit*) untuk menghitung cadangan tertambang (mineable) antara lain :

- a. Nisbah Pengupasan (*Stripping Ratio* = SR), nisbah pengupasan (SR) yang diterapkan dalam perencanaan penambangan batubara dihitung dengan pendekatan *Break Even Stripping Ratio* (BESR).
- b. Geometri Lereng Penambangan, digunakan sebagai batasan perhitungan cadangan tertambang yang ditetapkan berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik yang dilakukan di daerah penelitian.
- c. Kondisi Topografi dan Geologi, mempertimbangkan penyebaran cadangan batubara terhadap bentuk alam yang ada.

3.3 Konsep Nisbah Kupas (*Stripping Ratio*)

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa ketebalan lapisan batubara dan ketebalan tanah penutup (*overburden*) merupakan faktor utama yang mengontrol kelayakan suatu pembukaan tambang batubara.

Pengetahuan jumlah (kuantitas) batubara dan jumlah batuan penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan per unit batubara sesuai dengan metoda penambangan merupakan konsep dasar dari Nisbah Kupas (*Stripping Ratio*). Secara umum, *Stripping Ratio* (SR) didefinisikan sebagai “*Perbandingan jumlah volume tanah penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan satu ton batubara*”.

Faktor *rank*, kualitas, nilai kalori, dan harga jual menjadi sangat penting dalam perumusan nilai *Stripping Ratio*. Batubara dengan harga jual yang tinggi akan memberikan Nisbah Kupas yang lebih baik daripada batubara dengan harga jual yang rendah.

Dalam pemodelan sumberdaya, faktor ini dapat direfleksikan sebagai dasar untuk perhitungan (penaksiran) jumlah cadangan batubara. Dalam *Geological*

Survei Circular 891, 1983., ada beberapa konsep mendasar yang dapat dipahami, antara lain :

- a. Ketebalan batubara minimum yang dapat diperhitungkan sebagai cadangan
 - Untuk batubara antrasit dan bituminous : ketebalan minimum adalah 70 cm dengan kedalaman maksimum 300 m.
 - Untuk batubara sub-bituminous : ketebalan minimum adalah 1,5 m dengan kedalaman maksimum 300 m.
 - Untuk lignit : ketebalan minimum adalah 1,5 m dengan kedalaman maksimum 150 m.

Kedalaman maksimum ini telah memasukkan pertimbangan jika penambangan diteruskan dengan metoda penambangan bawah tanah.
- b. Interval ketebalan *overburden* yang disarankan untuk pelaporan perhitungan cadangan, adalah :
 - Tonase batubara dengan ketebalan *overburden* 0 – 30 m,
 - Tonase batubara dengan ketebalan *overburden* 30 – 60 m,
 - Tonase batubara dengan ketebalan *overburden* 60 – 150 m,
- c. *Recovery factor* : suatu angka yang menyatakan perolehan batubara yang dapat ditambang (dengan metoda *strip mining*, *auger mining*, atau *underground mining*) terhadap jumlah cadangan yang telah diperhitungkan sebelumnya.

Konsep-konsep di atas perlu dipahami dengan tujuan konservasi sumberdaya batubara (alam), karena kalau dalam pertimbangan ekonomis hanya dengan memperhatikan *stripping ratio* saja, maka jumlah cadangan yang dapat diekstrak hanya terbatas, sedangkan sebagai *follow-up* perlu dipertimbangkan juga penggunaan metoda *auger-mining*.

Beberapa parameter ekonomi yang diperlukan untuk penentuan *stripping ratio* yang masih ekonomis (*Break Even Stripping Ratio*), adalah :

Tabel 3. 1
Parameter Ekonomi Untuk Penentuan Stripping Ratio yang Ekonomis
(Break Even Stripping Ratio)

Investasi	Biaya eksplorasi, bangunan, pembuatan jalan, peralatan tambang utama, peralatan penunjang, peralatan <i>stockpile</i> , kendaraan.
Upah tenaga kerja	
Biaya produksi batubara	Penambangan batubara, pengupasan tanah penutup, pengangkutan batubara, pengolahan, lingkungan, ganti rugi lahan, royalti.
Harga jual batubara	
Analisis aliran kas : IRR, NPV, dan PBP	

Sumber : Economic Evaluation in Exploration, Wellmer, Friedrich-Wilhelm, 1986.

Namun secara umum, faktor utama untuk penentuan nilai ekonomis *stripping ratio* ini adalah : jumlah cadangan batubara (*marketable*), volume tanah penutup (BCM), serta umur tambang.

Secara sederhana (*rule of thumb*) penentuan harga *Stripping Ratio* yang masih ekonomis adalah sebagai berikut :

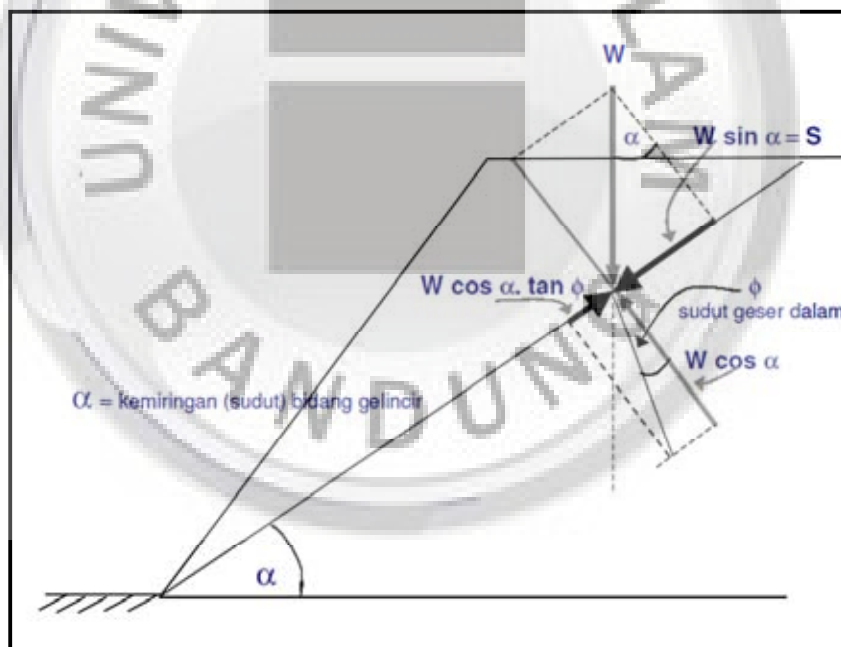
- Perkirakan unit *cost* penambangan untuk penggalian dan pengangkutan batubara ke *stockpile*.
- Perkirakan unit *cost* transportasi batubara dari *stock pile* sampai ke pelabuhan.
- Perkirakan unit *cost* penambangan untuk penggalian dan pengangkutan *overburden* ke *waste dump*.
- Perkirakan volume tanah penutup, untuk *total cost*.
- Perkirakan *recoverable reserve*, untuk *total revenue*.
- Perkirakan harga jual batubara per ton, untuk *total revenue*.
- Perkirakan biaya investasi dan eksplorasi.

- Perkirakan biaya lain-lain.
- Perkirakan umur tambang.

Maka perbandingan nilai jual batubara terhadap *total cost* harus lebih besar daripada 1 (*revenue > total cost*).

3.4 Kemantapan Lereng

Kemantapan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan (oleh kerja manusia), dipengaruhi oleh beberapa faktor, yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya – gaya penahan dan gaya – gaya penggerak yang menentukan terhadap kemantapan lereng tersebut (Gambar 3.3)



Gambar 3. 3
Diagram Gaya Pada Sistem Keseimbangan Benda Pada Bidang Miring

Dalam keadaan gaya penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut akan berada dalam keadaan yang mantap (stabil). Tetapi apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut menjadi tidak mantap dan longsoran akan terjadi.

Sebenarnya, longsoran tersebut merupakan suatu proses alam untuk mendapatkan kondisi kemantapan lereng yang baru (keseimbangan baru), dimana gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak.

Kemantapan suatu lereng dinyatakan dengan faktor keamanan (*safety factor*), yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsoran dan dinyatakan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}} = \frac{c + \sqrt{\text{tg } \phi}}{W \sin \alpha}$$

Apabila harga FK untuk suatu lereng > 1,0 yang artinya gaya penahan > gaya penggerak, maka lereng tersebut dikategorikan mantap. Tetapi apabila harga FK < 1,0 dimana gaya penahan < gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam kondisi tidak mantap dan mungkin akan terjadi longsoran pada lereng yang bersangkutan.

Bila FK = 1,0 atau besarnya gaya penahan sama dengan besarnya gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam keadaan setimbang atau dengan kata lain tersebut berada dalam keadaan kritis.

3.5 Perancangan Tambang (*Mine Design*)

Rancangan (*design*) adalah penentuan persyaratan, spesifikasi dan kriteria teknik yang rinci dan pasti untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan serta urutan teknis 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 (pemodelan geologi, *pit* potensial, *pit limit*, geoteknik, *stripping ratio*, dan data pendukung lainnya). Pada umumnya ada dua tingkat rancangan, yaitu :

- Rancangan konsep (*conceptual design*), yaitu suatu rancangan awal atau titik tolak rancangan yang dibuat atas dasar analisis dan perhitungan secara garis besar dan baru dipandang dari beberapa segi yang terpenting, kemudian akan dikembangkan agar sesuai dengan keadaan (*condition*) nyata di lapangan.
- Rancangan rekayasa atau rekacipta (*engineering design*), adalah suatu rancangan lanjutan dari rancangan konsep yang disusun dengan rinci dan lengkap berdasarkan data dan informasi hasil penelitian laboratoria serta literatur dilengkapi dengan hasil-hasil pemeriksaan keadaan lapangan.

Rancangan konsep pada umumnya digunakan untuk perhitungan teknis dan penentuan urutan kegiatan sampai tahap studi kelayakan (*feasibility study*), sedangkan rancangan rekayasa (*rekacipta*) dipakai sebagai dasar acuan atau pegangan dari pelaksanaan kegiatan sebenarnya di lapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambangan, penjadwalan produksi dan material buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut biasanya juga diperjelas menjadi rancangan bulanan, mingguan dan harian.

3.5.1 Parameter Perancangan Tambang

Suatu perancangan tambang mengacu pada beberapa parameter desain sebagai berikut :

a. *SR (Stripping Ratio)*

Secara umum, *Stripping Ratio* (SR) didefinisikan sebagai “*Perbandingan jumlah volume tanah penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan satu ton batubara*”.

Untuk mendesain suatu tambang, harus dihitung terlebih dahulu nilai batas ekonomis dari SR (*Break Even Stripping Ratio/BESR*) tersebut, sehingga diketahui pada area SR berapa *pit* akan didesain.

b. *Pit Limit*

Pit limit merupakan batas akhir dari penambangan yang dipengaruhi oleh parameter SR, geoteknik (kemantapan lereng) dan kondisi geologi batubara.

c. Geoteknik

Didalam kajian geoteknik untuk perancangan tambang, terdapat beberapa geometri rancangan yang harus sesuai dengan rekomendasi geoteknik, yaitu :

- Tinggi Jenjang, yaitu maksimum tinggi dari jenjang yang diperbolehkan untuk didesain sesuai dengan hasil kajian geoteknik sehingga jenjang menjadi stabil/aman.
- Kemiringan Jenjang, yaitu sudut kemiringan jenjang yang diperbolehkan untuk didesain sesuai dengan hasil kajian geoteknik. Untuk desain pit bahan galian batubara, jenjang dibagi kepada 3 jenis jenjang yaitu *lowwall*, *sidewall*, dan *highwall* dengan besar sudut yang berbeda setiap jenisnya.
- Lebar *berm*, yaitu jarak antara kaki jenjang atas (*toe*) dengan kepala jenjang bawah (*crest*) yang didesain pada elevasi yang sama.
- Tinggi Lereng Keseluruhan (*Overall Bench Height*), adalah tinggi total dari jenjang dari permukaan topografi sampai kedalaman terbawah dari desain tambang (*pit bottom*).
- Kemiringan Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*), adalah sudut total dari jenjang sampai kedalaman terbawah dari desain tambang (*pit bottom*).
- Ramp (*Road Access Mining Road*), adalah jalan yang digunakan di dalam daerah pit penambangan (*bench*) dan akan digunakan sesuai dengan kemajuan tambang.
 - Lebar Ramp, didesain berdasarkan perhitungan geometri jalan sebagai berikut :

$$L_{min} = n \cdot W_t + (n+1) \left(\frac{1}{2} W_t \right)$$

Keterangan :

L_{min} = Lebar Minimum Jalan Tambang (Ramp)

n = Jumlah *Dump Truck*

W_t = Lebar *Dump Truck*

- Kemiringan Ramp (*Grade*)

Grade adalah tanjakan dari jalan angkut, kelandaian atau kecuramannya sangat mempengaruhi produksi (*output*) alat angkut, sebab adanya kemiringan jalan (*grade*) menimbulkan tahanan tanjakan (*grade resistance*) yang harus diatasi oleh mesin alat angkut.

➤ Kemiringan jalan pada tikungan (*super elevasi*)

Super elevasi merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Menurut T. Atkinson D.I.C pada kondisi jalan yang kering, nilai super elevasi merupakan harga maksimum 90 mm/m sedangkan kondisi jalan yang penuh lumpur atau licin nilai super elevasi terbesar 60 mm/m.

➤ Kemiringan jalan angkut

Kemiringan atau *grade* jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dari pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan (α) 1 % berarti jalan tersebut naik atau turun 1 meter atau 1 ft untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 meter atau 100 ft. Kemiringan jalan angkut menurut Yanto Indonesianto, Ir., Msc., (2001) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Grade } (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} (100\%)$$

Dimana :

Δh : beda tinggi antara dua titik yang diukur.

Δx : jarak datar antara dua titik yang diukur.

Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut besarnya berkisar antara 18 % - 10 %. Akan tetapi untuk jalan naik maupun turun pada bukit lebih aman kemiringan jalan maksimum sebesar 8 % atau 4,5°.

3.5.2 Langkah Umum Perancangan *PIT* Menggunakan Perangkat Lunak Autocad 2010

Adapun urutan secara umum dalam perancangan *pit* adalah sebagai berikut ini :

1. Tampilkan peta topografi.

Tampilkan peta topografi dengan *Quicksurf* dari *file* yang terdahulu.

2. *Pit Bottom*

Merupakan jenjang dengan elevasi paling bawah, dibuat dengan perintah - perintah autocad berikut :

Rectangle, dengan ukuran tertentu, yaitu luas dari *boundary pit limit*

Polyline, dengan batasan kontur *seam floor/bottom* dan lebar lantai tambang.

3. Membuat jenjang berikutnya. (*Crest* dan *Toe*)

Jenjang didesain (jarak dari *crest* ke *crest*) tiap kenaikan elevasi 10 meter, dan jarak dari *Toe* ke *Crest* 4 meter. Perintah dengan autocad sebagai berikut :

a. Jarak dari *Crest* ke *Crest*.

Offset, sebanyak 4 kali dari *pit bottom*, di *offset* keluar, dengan jarak 5 meter. Pada jenjang ke-2, elevasi ditambah 10 meter, caranya sama dengan menentukan elevasi *pit bottom*, dan seterusnya sampai jenjang yang terakhir.

b. Jarak dari *Crest* ke *Toe*.

Offset, sebanyak 4 kali dari *pit bottom*, di *offset* keluar, dengan jarak 4 meter. Pada jenjang ke-2, elevasi ditambah 10 meter, caranya sama dengan menentukan elevasi *pit bottom*, dan seterusnya sampai jenjang yang terakhir.

4. Memotong kontur yang ada dalam *pit*.

Kontur yang berada dalam *pit* atau melewati *pit* yang elevasinya lebih tinggi dari elevasi jenjang, akan dipotong. Langkah-langkah :

Lihat elevasi kontur, dan jenjang yang dilewatinya, bila elevasi kontur lebih tinggi dari elevasi jenjang, maka kontur akan dipotong tepat pada jenjangnya.

Break, klik tepat perpotongan antara kontur, dan jenjang.

Delete kontur yang telah dipotong tersebut, klik kontur > *delete*.

Demikian dengan kontur lainnya.

5. Memotong Pit.

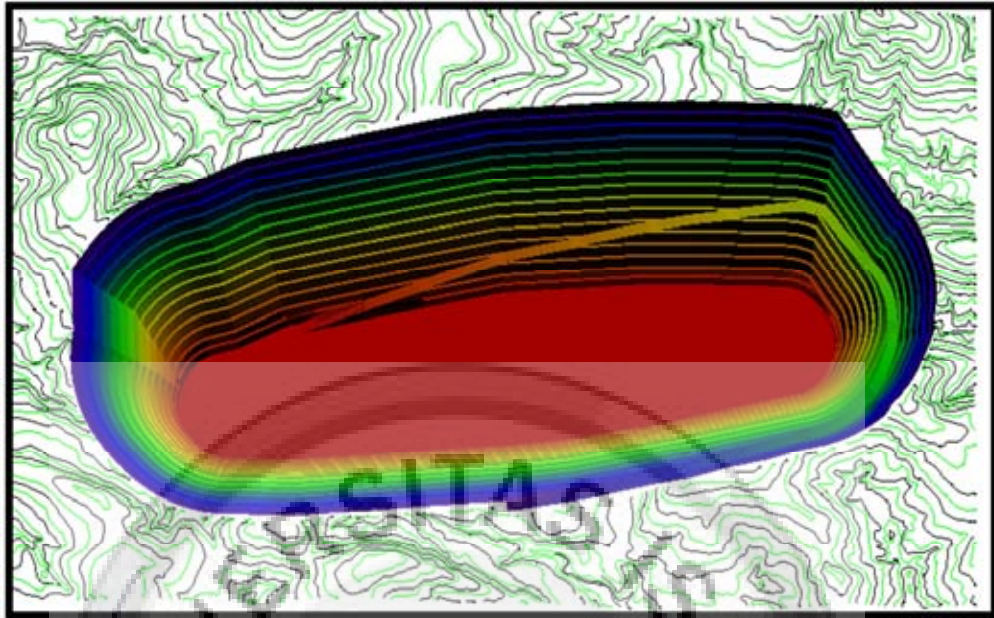
Jenjang yang elevasinya lebih tinggi dari elevasi kontur akan dipotong.

Langkah-langkah :

Break, klik tepat perpotongan antara jenjang dan kontur.

Delete jenjang yang telah dipotong tersebut, klik jenjang > *delete*.

Demikian dengan jenjang lainnya.



Sumber : Tutorial Perancangan PIT, 2010

Gambar 3. 4
Pit Design (Rancangan Bukan Tambang)

3.6 Penentuan Cadangan Tertambang

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa tidak mungkin akan diperoleh cadangan tertambang 100% dari cadangan insitu, dimana akan terjadi *dilution* sepanjang tahap penambangan. Sebelum mulai menghitung suatu nilai cadangan tertambang, maka ada 2 (dua) faktor utama yang harus dikuantifikasi, yaitu Faktor Pembatas Cadangan dan Faktor *Losses*.

3.6.1 Faktor Pembatas Cadangan Tertambang

Faktor-faktor pembatas suatu cadangan :

- Minimum ketebalan lapisan batubara, hal ini berhubungan dengan teknik penambangan dan *stripping ratio*.
- Maksimum ketebalan tanah penutup, hal ini berhubungan dengan nilai *stripping ratio*.

- Maksimum *stripping ratio*, hal ini berhubungan dengan nilai atau tingkat kelayakan penambangan.
- Maksimum kemiringan lapisan batubara, hal ini akan berhubungan dengan teknologi penambangan dan nilai *stripping ratio*.
- Maksimum kandungan abu, yaitu sesuai dengan standar pasar yang akan dimasuki.
- Maksimum kandungan sulfur, yaitu sesuai dengan standar pasar yang akan dimasuki.
- Batasan alamiah – geografis, yaitu berhubungan dengan batasan-batasan alam yang harus diperhatikan, seperti adanya sungai besar, daerah konservasi alam, atau adanya jalan negara, atau adanya suatu areal tertentu yang tidak mungkin dipindahkan.
- Batasan alamiah – geologi, yaitu berhubungan dengan batasan-batasan geologi, seperti adanya sesar, intrusi, dan lainnya.

Faktor-faktor pembatas pada umumnya sudah cukup jelas. Dalam penerapannya, faktor-faktor pembatas tersebut akan menjadi ***Pit Limit*** dalam panambangan.

3.6.2 Faktor Losses

Yaitu faktor-faktor kehilangan cadangan akibat tingkat keyakinan geologi maupun akibat teknis penambangan. Beberapa faktor *losses* adalah :

- *Geological Losses*, yaitu faktor kehilangan akibat adanya variasi ketebalan, *parting*, maupun pada saat pengkorelasian lapisan batubara.
- *Mining Losses*, yaitu faktor kehilangan akibat teknis penambangan, seperti faktor alat, faktor *safety*, dan lainnya.

- *Processing Losses*, yaitu faktor kehilangan (*recovery - yield*) akibat diterapkannya metoda pencucian batubara atau kehilangan pada proses lanjut di *Stockpile*.

Faktor-faktor *losses* diterapkan pada saat proses perhitungan cadangan, dan dapat dikuantifikasi besar nilai *losses* tersebut. Berikut akan diuraikan contoh cara pengkuantifikasian faktor *losses* tersebut.

- ***Geological Losses***

Biasanya untuk kemudahan, langsung diambil nilai umum yaitu 5 – 10%. Namun dapat juga dengan memperhatikan pola variasi ketebalan batubara, yaitu dengan bantuan analisis statistik. Parameter statistik yang dapat digunakan adalah : standar deviasi, koefisien variasi, atau *standard error*.

$$\text{Standar Deviasi} = S_x = \sqrt{S_x^2} \approx \sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}$$

$$\text{Koefisien variasi} = CV = \frac{\text{simpangan baku}}{\text{rata-rata hitung}} = \frac{S}{\bar{x}}$$

- ***Mining Losses***

Secara umum, untuk metoda *Strip Mining* digunakan *mining losses* sebesar 10%, sedangkan untuk tambang bawah tanah digunakan *mining losses* sebesar 40-50% yaitu (metoda *Long Wall* mempunyai *Recovery* 60-70%, metoda *Room & Pillar* mempunyai *Recovery* 50-60%), untuk *auger mining* digunakan *mining losses* sebesar 60-70% (atau *Recovery* 30-40% sesuai dengan spesifikasi peralatannya).

Untuk metoda *Strip Mining (open pit)*, kadang-kadang juga digunakan pendekatan ketebalan lapisan yang akan ditinggalkan, yaitu 10 cm pada *roof* dan 10 cm pada *floor*. Jika ketebalan lapisan hanya 1 m, maka *Mining Losses* = 20%.,

sedangkan jika ketebalan lapisan adalah 2 m maka *Mining Losses* = 10%., dan jika ketebalan lapisan adalah 5 m maka *Mining Losses* = 4%.

3.6.3 Optimasi Cadangan Tertambang

3.6.3.1 Optimasi Berdasarkan Stripping Ratio

- a. Optimasi berdasarkan *series* penampang, yaitu dengan mengoptimasi *stripping ratio* masing-masing penampang, maupun kumulatif *stripping ratio* keseluruhan areal.
- b. Optimasi berdasarkan elevasi batubara (blok), yaitu dengan menghitung *stripping ratio* dengan lebar blok tertentu searah jurus perlapisan batubara dan lebar tertentu ke arah *dipping* dengan menggunakan interval elevasi kontur struktur batubara.

3.6.3.2 Optimasi Berdasarkan Kualitas

- a. Faktor pembobotan tonase, yaitu dengan memasukkan pembobotan tonase pada *range* kualitas tertentu sehingga dapat dioptimalkan tonase cadangan sesuai dengan syarat minimal yang ditargetkan.
- b. Optimasi berdasarkan *series* penampang, yaitu mengelompokkan *series* perhitungan penampang dengan minimum kualitas, disini biasanya digunakan peta iso-kualitas sebagai faktor pembatasnya.

Optimasi berdasarkan elevasi batubara (blok), yaitu dengan melakukan penaksiran harga kualitas pada masing-masing blok yang telah disusun, sehingga nantinya juga akan dilakukan optimasi berdasarkan pembobotan tonase.