

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Genesa Batubara**

Dua tahap penting yang dapat di bedakan untuk mempelajari genesa batubara adalah gambut dan batubara. Dua tahap ini merupakan hasil dari suatu proses yang berurutan terhadap bahan dasar yang sama (tumbuhan). Menurut wolf – 1984, secara definisi dapat diterangkan sebagai berikut:

- A. Gambut Adalah batuan sedimen organik yang dapat terbakar, berasal dari tumpukan hancuran atau bagian dari tumbuhan yang terhumifikasi (proses pembentukan asam humin) dan dalam kondisi tertutup udara – umumnya di bawah air – tidak padat, dengan kandungan air lebih dari 75 % berat Ar (Ah received = berat pada saat diambil di lapangan ) serta kandungan mineral lebih kecil dari 50 % dalam kondisi kering.
- B. Batubara Adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, berwarna coklat sampai hitam. Sejak pengendapannya mengalami terkena proses fisika dan kimia yang mengakibatkan pengkayaan kandungan karbon. Berdasarkan klasifikasi Badan Standardisasi Nasional

Indonesia tentang batubara, pengertian endapan batubara adalah : Endapan yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang telah mengalami kompaksi, ubahan kimia dan hampir proses metamorfosis oleh panas dan tekanan selama waktu geologi, yang berat kandungan bahan organiknya lebih dari 50% atau volume bahan organik tersebut termasuk kandungan lengas bawaan (*inherent moisture*) lebih dari 70 %". Untuk menjadi batubara, ada beberapa tahapan yang harus di lewati oleh bahan dasar pembentuknya. Pada tiap tahapan ada proses yang terjadi dan proses-proses tersebut tergantung kepada banyak faktor.

### **3.2 Klasifikasi Sumberdaya Batubara**

Klasifikasi berdasarkan SNI adalah upaya pengelompokan sumberdaya dan cadangan berdasarkan keyakinan geologi dan kelayakan ekonomi. Di dalam SNI terdapat acuan dalam tahap-tahap eksplorasi sumberdaya. Tahapannya meliputi tiga tahap yaitu prospeksi, eksplorasi umum, dan eksplorasi rinci.

Di dalam SNI, diberikan tipe endapan batu bara dan kondisi geologi. SNI membagi tipe endapan batu bara Indonesia dalam tipe Ombilin, Sumsel, Kaltim dan Bengkulu yang memiliki karakteristik yang khas di masing-masing tipe. Karakteristik yang ditampilkan adalah cerminan dari sejarah sedimentasinya dan proses-proses geologis

lainnya. Dalam kondisi geologinya, karakteristik geologi dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu sederhana, moderat dan kompleks.

Dasar Klasifikasi sumberdaya dan cadangan dalam SNI berdasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan. Pengelompokannya mengandung dua aspek yaitu aspek geologi dan aspek ekonomi.

- Aspek Geologi

Sumberdaya terukur harus memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi daripada sumberdaya tertunjuk dan begitu selanjutnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1. Tingkat keyakinan geologi secara kuantitatif dicerminkan oleh jarak informasi yang didapat dari singkapan dan lubang bor

- Aspek Kualitas

Ketebalan mineral lapisan batubara dapat ditambang dan ketebalan maksimal lapisan pengotor dapat menyebabkan kualitas batubaranya menurun karena kandungan abunya yang meningkat. Itu adalah salah satu unsur yang terkait dalam aspek ekonomi dan perlu diperhatikan dalam penggolongan sumberdaya batubara.

**Tabel 3.1**  
**Jarak Titik Informasi**  
**Menurut Kondisi Geologi**

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya		
		Tereka	Terunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik Informasi (m)	$1.000 < X \leq 1.500$	$500 < X \leq 1.000$	$X \leq 500$
Moderat		$500 < X \leq 1.000$	$250 < X \leq 500$	$X \leq 250$
Kompleks		$200 < X \leq 400$	$100 < X \leq 200$	$X \leq 100$

**Sumber : Badan Standarisasi Nasional (SNI, 5015-2011)**

Uraian tentang batasan umum untuk masing-masing kondisi geologi diatas adalah sebagai berikut:

1. Kondisi geologi sederhana

Dengan ciri sebagai berikut:

- a. Endapan batubara umumnya tidak dipengaruhi oleh aktifitas tektonik seperti sesar, lipatan, dan intrusi.
- b. Lapisan batubara umumnya landai, menerus secara lateral sampai ribuan meter, dan hampir tidak memiliki percabangan.
- c. Ketebalan lapisan batubara secara lateral dan kualitasnya tidak menunjukkan variasi yang berarti.
- d. Contoh batubara di Bangko Selatan dan Muara Tiga Besar (Sumsel), Senakin Barat (Kalsel), dan Cerenti (Riau)

## 2. Kondisi geologi moderat

Dengan ciri sebagai berikut:

- a. Endapan batubara sampai tingkat tertentu telah mengalami pengaruh deformasi tektonik.
- b. Pada beberapa tempat, intrusi batuan beku mempengaruhi struktur lapisan dan kualitas batubaranya.
- c. Sebaran percabangan batubara masih dapat diikuti sampai ratusan meter.
- d. Contoh batubara di Senakin, Formasi Tanjung (Kalsel), Loa Janan-Loa Kulu, Petanggis (Kaltim), Suban dan Air Laya (Sumsel), serta Gunung Batu Besar (Kalsel).

## 3. Kondisi geologi kompleks

Dengan ciri sebagai berikut:

- a. Umumnya telah mengalami deformasi tektonik yang intensif.
- b. Pergeseran dan perlipatan akibat aktifitas tektonik menjadikan lapisan batubara sulit dikorelasi.
- c. Perlipatan yang kuat juga mengakibatkan kemiringan lapisan yang terjal.
- d. Sebaran lapisan batubara secara lateral terbatas dan hanya dapat diikuti sampai puluhan meter.
- e. Contoh batubara di Ambakiang, Formasi Warukin, Ninian, Belahiang dan Upau (Kalsel), Sawahluhung (Sumbar), Air Kotok

(Bengkulu), Bojongmanik (Jabar), serta daerah batubara yang mengalami ubahan intrusi batuan beku di Bunan Utara (Sumsel).

### 3.3 Perhitungan Sumberdaya

Secara umum, permodelan dan perhitungan sumberdaya batubara memerlukan data-data dasar sebagai berikut (Syafrizal,2006):

- Peta topografi
- Data penyebaran singkapan batubara
- Data dan sebaran titik bor
- Peta geologi lokal
- Peta situasi dan data-data yang memuat batasan-batasan alamiah seperti aliran sungai, jalan, perkampungan, dan lain-lain.

Data penyebaran singkapan batubara berguna untuk mengetahui garis singkapan/garis khayal lapisan batubara yang memotong permukaan (cropline), merupakan posisi dimana penambangan dimulai. Dari pengeboran diperoleh hasil berupa data elevasi atap (*roof*) dan lantai (*floor*) batubara. Peta situasi dan data-data yang memuat batasan-batasan alamiah (aliran sungai, jalan, perkampungan, dan sebagainya) berguna untuk menentukan batas (*boundary*) perhitungan cadangan. Endapan batubara yang tidak dapat ditambang karena batasan-batasan alamiah tersebut tidak diperhitungkan dalam perhitungan cadangan.

Dari data-data dasar tersebut akan dihasilkan data olahan, yaitu data dasar yang diolah untuk mendapatkan model endapan batubara

secara 3 (tiga) dimensi untuk selanjutnya akan dilakukan penghitungan cadangan endapan batubara. Data olahan terdiri atas:

- Peta *isopach*, merupakan peta yang menunjukkan kontur penyebaran ketebalan batubara. Data ketebalan pada peta ini merupakan tebal sebenarnya yang dapat diperoleh dari data bor, uji paritan, uji sumur, atau dari singkapan. Peta ini juga dapat disusun dari kombinasi peta iso struktur. Selain itu tujuan penyusunan peta ini adalah untuk menggambarkan variasi ketebalan batubara di bawah permukaan.
- Peta kontur struktur, menunjukkan kontur elevasi yang sama dari *top* atau *bottom* batubara. Untuk elevasi *top* atau *bottom* batubara dapat diperoleh dari data bor. Peta kontur struktur berguna untuk mengetahui arah umum/jurus masing-masing *seam* batubara, sekaligus sebagai dasar untuk penyusunan peta iso-*overburden*.
- Peta iso kualitas, menunjukkan kontur hasil analisis parameter kualitas batubara. Peta ini berguna untuk menentukan daerah-daerah yang memenuhi syarat kualitas untuk ditambang.
- Peta iso-*overburden*, menunjukkan kontur ketebalan *overburden* (lapisan penutup) yang sama. Ketebalan tersebut dapat diperoleh dari data bor atau dari peta iso struktur dimana ketebalan *overburden* dapat dihitung dari perpotongan kontur iso struktur dengan kontur topografi. Peta iso-*overburden* cukup penting sebagai dasar evaluasi cadangan selanjutnya, dimana ketebalan tanah penutup ini dapat digunakan sebagai batasan awal dari penentuan *pit* potensial.

Penampang geologi, disusun dari kombinasi antara peta *cropline* batubara dengan data pengeboran (*logbor*). Perlapisan batubara disusun dengan melakukan interpolasi antar data *seam* pada setiap titik bor yang berdekatan. Garis penampang sebaiknya selalu diusahakan tegak lurus *cropline* batubara. Selanjutnya penampang seam batubara berguna untuk memudahkan perhitungan sumberdaya sekaligus cadangan batubara dengan metode *mean area*. Selain itu dapat juga digunakan untuk menghitung cadangan tertambang (*mineable reserve*) dengan memasukkan asumsi sudut lereng dengan SR.

### 3.3.1 Metoda Penampang

Metode penampang lebih cocok digunakan untuk tipe endapan yang mempunyai kontak tajam seperti bentuk tabular (perlapisan atau *vein*). Pola eksplorasi (bor) umumnya teratur yang terletak sepanjang garis penampang, namun untuk kasus endapan yang akan ditambang secara *underground* umumnya mempunyai pola bor yang kurang teratur (misalnya sistem pengeboran kipas). Kadar rata-rata terbobot pada penampang akan diekstensikan menjadi volume sampai setengah jarak antar penampang. Metode ini dapat diaplikasikan baik secara horisontal seperti tubuh *sill*, endapan berlapis, dll.

Keuntungan dari metode ini adalah proses perhitungan tidak rumit dan sekaligus dapat dipergunakan untuk menyajikan hasil interpretasi model dalam sebuah penampang atau irisan horisontal. Sedangkan kekurangan metode penampang adalah tidak bisa dipergunakan untuk

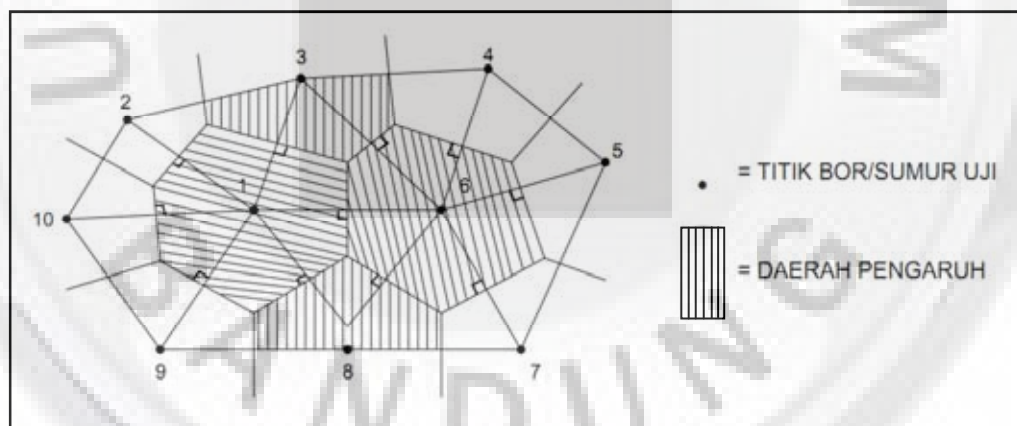


tipe endapan dengan mineralisasi yang kompleks. Disamping itu hasil perhitungan secara konvensional ini dapat dipakai sebagai alat pembanding untuk mengecek hasil perhitungan yang lebih canggih misalnya dengan sistem blok.

### 3.3.2 Metode *Horizontal*

#### 3.3.2.1 Metoda Poligon (*Area of Influence*)

Metoda ini umumnya diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana. Kadar pada suatu luasan di dalam poligon ditaksir dengan nilai data yang berada di tengah-tengah poligon sehingga metoda ini sering disebut metoda poligon daerah pengaruh.



Sumber: metode perhitungan sumberdaya (Syafrizal,2006)

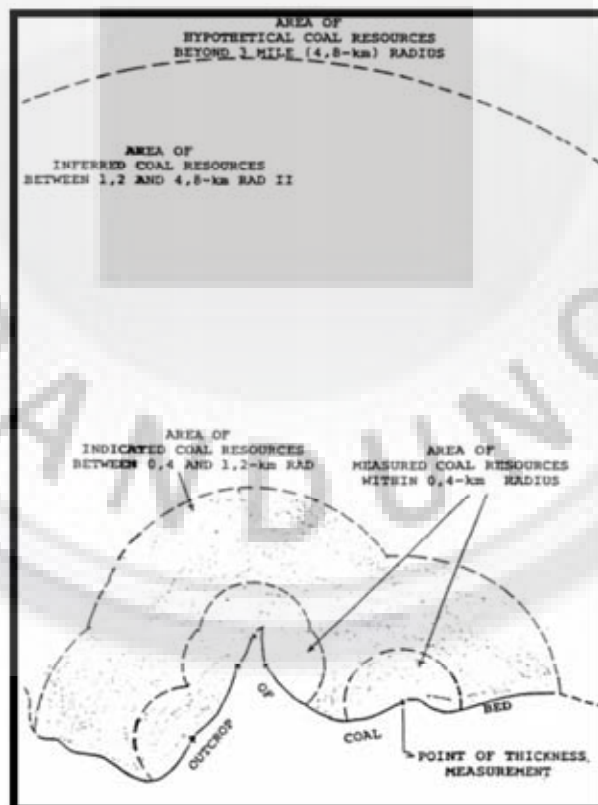
Gambar 3.1  
Metode poligon (*area of influence*)

Andaikan ketebalan bijih pada titik 1 adalah  $t_1$  dan luas daerah pengaruhnya adalah  $s_1$  maka volume ( $V$ )=  $s_1 \times t_1$  (volume pengaruh). Bila berat jenis =  $\rho$ , maka tonase  $T= s_1 \times t_1 \times \rho$  ton.

### 3.3.2.2 Metode USGS circular 891(1983)

Sistem *United States Geological Survey* (USGS, 1983) merupakan pengembangan dari sistem blok dan perhitungan volume biasa. Sistem USGS ini dianggap sesuai diterapkan dalam perhitungan sumberdaya batubara, karena sistem ini ditujukan pada pengukuran bahan galian yang berbentuk perlapisan (tabular) yang memiliki ketebalan dan kemiringan lapisan yang relatif konsisten.

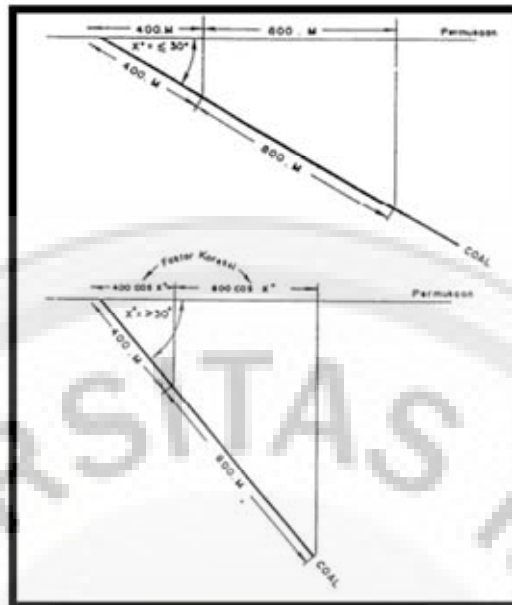
Daerah dalam radius lingkaran 0 - 400 m adalah untuk perhitungan sumberdaya terukur dan daerah radius 400 – 1.200m untuk perhitungan sumberdaya terunjuk (USGS/Wood dkk.,1983)



Sumber : geological survey circular 891

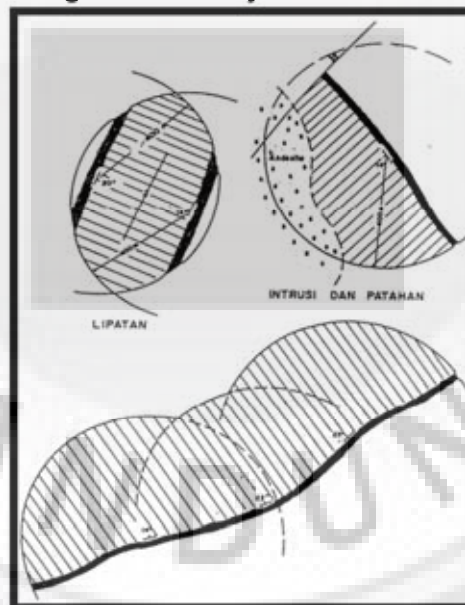
Gambar 3.2

Teknik perhitungan sumberdaya batubara USGS 891(1983)



Sumber: geological survey circular 891  
Gambar 3.3

Cara perhitungan sumberdaya batubara USGS 891(1983)



Sumber: geological survey circular 891  
Gambar 3.4

Kontrol struktur pada batas sumberdaya batubara USGS 891(1983)

### 3.3.2.3 Metode Segitiga

Disamping digunakan untuk menaksir parameter, metode segitiga juga sekaligus digunakan untuk menghitung sumberdaya/cadangan.

Rumus perhitungan hampir sama dengan metode poligon hanya saja dalam metode segitiga tiga titik data digunakan untuk mewakili parameter seluruh area segitiga, sedangkan metode poligon menggunakan titik data yang berada di tengah luasan poligon.

### 3.4 Penentuan dan Pemilihan *Pit* Potensial

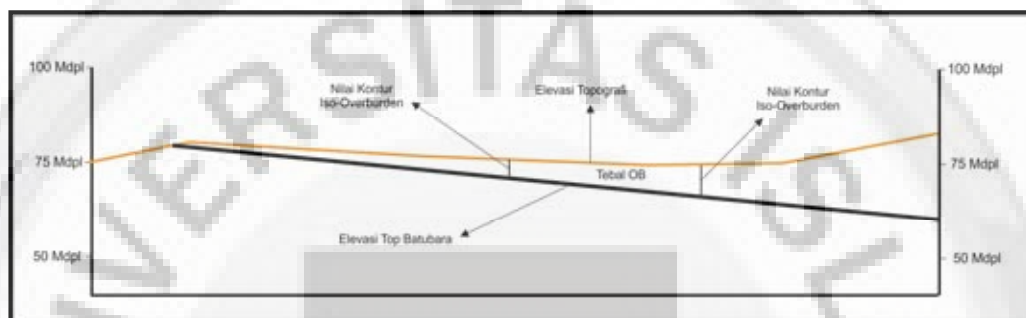
Penentuan dan pemilihan *pit* potensial merupakan langkah awal dalam melakukan evaluasi cadangan batubara. Penentuan *pit* potensial ini diperlukan untuk dapat memperkirakan/memprediksi suatu areal sumberdaya batubara yang potensial untuk nantinya akan dikembangkan menjadi suatu lokasi *pit* penambangan.

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. 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: evaluasi dan optimasi cadangan batubara, 2011

**Gambar 3.5**  
**Sketsa Konstruksi Peta Iso-Overburden.**

Pada beberapa kondisi khusus seperti terbatasnya tinggi (tebal tanah penutup) *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 menurut BSN 1999 berdasarkan kualitas kalori <7.000 Kalori/gram (dry ash free-ASTM) tebal <1 m dan untuk nilai kalori >7.000 Kalori/gram (dry ash free-ASTM) tebal <0,4 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 dilokalisir (ditentukan). Dengan mengetahui lokasi *pit* potensial ini, maka optimasi cadangan batubara dapat dilakukan pada areal yang terbatas, yaitu areal yang telah dapat diprioritaskan.

### 3.5 Konsep Break Even Striping Ratio (BESR)

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,

a. *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 uji kelayakan tambang (*Feasibility Study*), adalah :

**Tabel 3.2**  
**Parameter Ekonomi Untuk Uji Kelayakan Tambang**  
**(Feasibility Study)**

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

**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 (*marketabel*), 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 lain-lain.
- Perkirakan umur tambang.

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

### 3.6 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 Kupas/*Stripping Ratio* (SR)
- 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.

### 3.7 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 .

Dalam keadaan gaya penahan (terhadap longsor) 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 longsor akan terjadi.

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

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

$$FK = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}} \dots \dots \dots (1)$$

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.

### 3.8 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 (*mining stages / mining phases pushback*), penjadwalan produksi dan material buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut biasanya juga diperjelas menjadi rancangan bulanan, mingguan dan harian.

### 3.8.1 Parameter Perancangan Tambang

Suatu perancangan tambang mengacu pada beberapa parameter disain 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”.

b. *Pit Limit*

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

### 3.8.2 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*.
- Minimum (%) *yield* proses untuk mendapatkan batubara bersih, yaitu kalau diperkirakan akan dilakukan proses pencucian.
- Maksimum kandungan abu, yaitu sesuai dengan standar pasar yang akan dimasuki.
- Maksimum kandungan sulfur, yaitu sesuai dengan standar pasar yang akan dimasuki.

**Tabel 3.3**  
**Contoh Kualitas Batubara**  
**Standar Pasar HBA & HPB Desember 2012**

No	Merk Dagang/Brand	Kualitas <i>Typical</i>				HPB MARKER (US\$/ton)
		CV (kcal/kg GAR)	TM (% <sub>ar</sub> )	TS (% <sub>ar</sub> )	Ash (% <sub>ar</sub> )	
1	Gunung Bayan I	7.000	10	1	15	87,75
2	Prima Coal	6.700	12	0,6	5	87,67
3	Pinang 6150	6.200	14,5	0,6	5,5	79,11
4	Indominco IM_East	5.700	17,5	1,6	4,8	66,86
5	Melawan Coal	5.400	22,5	0,4	5,0	64,42
6	Envirocoal	5.000	26	0,1	1,2	60,33
7	Jorong J-1	4.400	32	0,3	4,2	48,59
8	Ecocoal	4.200	35	0,2	3,9	44,34

*Sumber: harga batubara acuan dan harga patokan batubara, Desember 2013*

- 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 perubahan sedimentasi.

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

### 3.8.3 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.



Sumber : *mineral exploration, Chaerles J.Moon, Michael K.G.Whateley, and Anthony M.Evans, 2006*

Gambar 3.6  
Ilustrasi *parting*

- *Mining Losses*, yaitu faktor kehilangan akibat teknis penambangan, seperti faktor alat, faktor *safety*, dan lainnya. Secara umum 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% (Chaerles J.Moon, Michael K.G.Whateley, and Anthony M.Evans, 2006).



- *Processing Losses*, yaitu faktor kehilangan (*recovery - yield*) akibat diterapkannya metoda pencucian batubara .

### 3.8.4 Optimasi Cadangan Tertambang

#### 3.8.4.1 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.

#### 3.8.4.2 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.