

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Klasifikasi Sumberdaya Dan Cadangan Batubara

Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah menetapkan pembakuan mengenai Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan SNI No. 13-6011-1999. Dalam pembakuan ini didefinisikan bahwa sumberdaya mineral (*mineral resource*) adalah endapan mineral yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara nyata. Sumberdaya mineral dengan keyakinan geologi tertentu dapat berubah menjadi cadangan setelah dilakukan pengkajian kelayakan tambang dan memenuhi kriteria layak tambang. Klasifikasi sumberdaya dan cadangan batubara BSN,1999:

- Sumberdaya batubara hipotetik (*hypothetical coal resource*) : jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap survey tinjau.
- Sumberdaya batubara tereka (*inferred coal resource*): jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap prospeksi.
- Sumberdaya batubara terindikasi (*indicated coal resource*): jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi pendahuluan.

- Sumberdaya batubara terukur (*measured coal resource*): jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap eksplorasi rinci.
- Cadangan Batubara Terkira (*Probable Coal Reserve*) Cadangan batubara terkira adalah sumber daya batubara tertunjuk dan sebagian sumber daya batu bara terukur, tetapi berdasarkan kajian kelayakan semua faktor yang terkait telah terpenuhi sehingga hasil kajiannya dinyatakan layak.
- Cadangan Batubara Terbukti (*Proved Coal Reserve*) Cadangan batubara terbukti adalah sumber daya batubara terukur berdasarkan kajian kelayakan semua.

Upaya pengelompokan sumberdaya batubara berdasarkan keyakinan geologi dan kelayakan ekonomi. Persyaratan jarak titik informasi untuk setiap kondisi geologi dan kelas sumberdaya diperlihatkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1**  
**Jarak Titik Informasi Menurut Kondisi Geologi (BSN,1999)**

<b>Kondisi Geologi</b>	<b>Kriteria</b>	<b>Sumber Daya</b>			
		<b>Hipotetik</b>	<b>Terukur</b>	<b>Terindikasi</b>	<b>Tereka</b>
<b>Sederhana</b>	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$X \leq 500$	$500 < X \leq 1000$	$1000 < X \leq 1500$
<b>Moderat</b>	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$X \leq 250$	$250 < X \leq 500$	$500 < X \leq 1000$
<b>Komplek</b>	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$X \leq 100$	$100 < X \leq 200$	$200 < X \leq 400$

Sumber: Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara, SNI 13-6011-1999

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

a. Kondisi geologi sederhana

Dengan ciri sebagai berikut:

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

b. Kondisi geologi moderat

Dengan ciri sebagai berikut:

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

c. Kondisi geologi kompleks

Dengan ciri sebagai berikut:

- Umumnya telah mengalami deformasi tektonik yang intensif.
- Pergeseran dan perlipatan akibat aktifitas tektonik menjadikan lapisan batubara sulit dikorelasi.
- Perlipatan yang kuat juga mengakibatkan kemiringan lapisan yang terjal.
- Sebaran lapisan batubara secara lateral terbatas dan hanya dapat diikuti sampai puluhan meter.
- 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).

### 3.2 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*) dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini :

**Tabel 3.2**  
**Parameter Ekonomi Untuk Penentuan Stripping Ratio yang Ekonomis**

<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 (*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*).

### 3.3 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 (*rekapita*) 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.

Suatu perancangan tambang mengacu pada beberapa parameter desain, yaitu 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 II)* tersebut, sehingga diketahui pada area *SR* berapa *pit* akan didesain.

b. *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. Kondisi Topografi dan Geologi, mempertimbangkan penyebaran cadangan batubara terhadap bentuk alam yang ada.

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 :

$$L_{min} = n.Wt + (n+1)(\frac{1}{2} Wt)$$

Keterangan :

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

$n$  = Jumlah *Dump Truck*

$Wt$  = Lebar *Dump Truck*

### 3.4 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*.

#### 3.4.1 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*.
- 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.
- 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.

#### 3.4.2 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 perlatannya).

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%.

