

III. TEORI DASAR

Dalam Eksplorasi Batubara, sasaran yang ingin di capai adalah nilai ekonomis dari cadangan. Untuk menghitung cadangan ini diperlukan data ketebalan lapisan batubara. *Well Logging* adalah salah satu metode geofisika yang relatif akurat dalam penentuan kedalaman dan ketebalan suatu lapisan dibandingkan dengan metode lainnya. Interpretasi litologi dilakukan berdasarkan data log yang diambil. (Atwi, 2010).

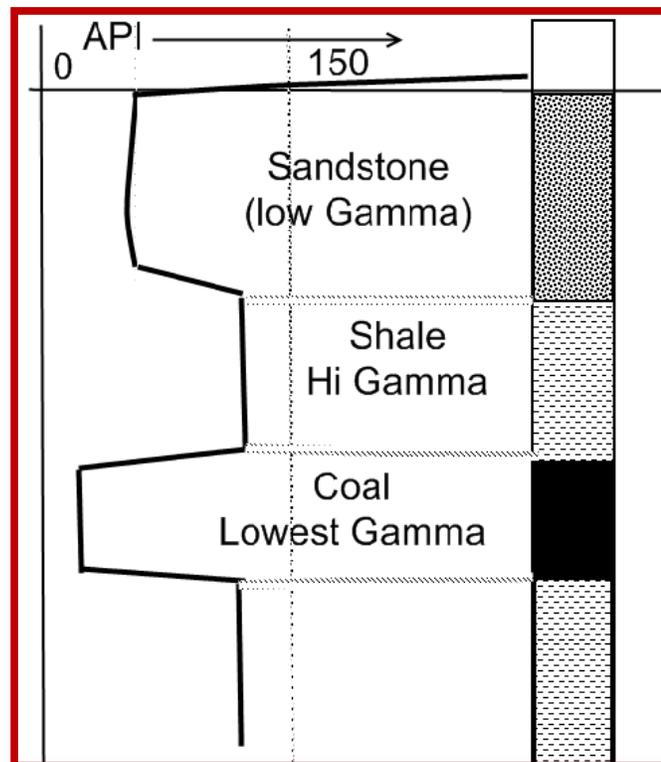
3.1. Log Gamma Ray dan Log Densitas

3.1.1 Log Gamma Ray

Gamma Ray Log adalah metoda untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut diantaranya *Uranium, Thorium, Potassium, Radium*, dan lain-lainnya. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam shale dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone, limestone, dolomite, coal, gypsum*, dan lain-lainnya. Oleh karena itu *shale* akan memberikan response gamma ray yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan yang lainnya. Log sinar gamma merekam pancaran radioaktif dari formasi. Sinar radioaktif alami yang direkam berupa *Uranium, Thorium, dan Potassium*. Log sinar gamma sederhana memberikan

rekaman kombinasi dari tiga unsur radioaktif, sedangkan spektral gamma ray menunjukkan masing-masing unsur radioaktif (Rider, 1996).

Log sinar gamma digunakan untuk membedakan lapisan-lapisan *shale* dan *non-shale* pada sumur-sumur *open hole* atau *cased hole* dan juga pada kondisi ada lumpur maupun tidak. Sinar gamma sangat efektif dalam membedakan lapisan *permeable* dan *non-permeable* karena unsur-unsur radioaktif cenderung berpusat di dalam serpih yang *non-permeable* dan tidak banyak terdapat dalam batuan karbonat atau pasir yang secara umum bersifat *permeable*. Selain itu, Log Gamma Ray dapat digunakan sebagai pengganti SP Log untuk pendeteksian lapisan *permeable*, karena untuk formasi yang tidak terlalu resistif hasil SP Log tidak terlalu akurat.



Gambar 7. Log Gamma Ray, (Anonim, 2011).

Pada interpretasi lapisan batubara, nilai gamma raynya memperlihatkan harga yang paling rendah, karena batubara sangat sedikit mengandung unsur *Kalium*. Respon gamma dengan harga yang lebih besar daripada batubara diperlihatkan oleh respon lapisan keras yang banyak mengandung silica, dan kemudian oleh respon batupasir. Respon gamma yang tinggi diperlihatkan oleh batulanau dan batulempung (Abdullah, 2009).

3.1.2. Log Densitas

Log density merupakan kurva yang menunjukkan nilai densitas (*bulk density*) batuan yang ditembus lubang bor, dinyatakan dalam gr/cc. Secara geologi *bulk density* adalah fungsi dari densitas dari mineral-mineral pembentuk batuan (misalnya matriks) dan volume dari fluida bebas yang mengisi pori (Rider, 1996). Besaran densitas ini selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai porositas batuan tersebut. *Log density* bersama - sama dengan *log neutron* digunakan untuk mendeteksi adanya hidrokarbon, (Atwi, 2010).

Log density merupakan suatu tipe *log porositas* yang mengukur densitas elektron suatu formasi. Prinsip pencatatan dari *log density* adalah suatu sumber radioaktif yang dimasukkan kedalam lubang bor mengemisikan sinar gamma ke dalam formasi. Pada formasi tersebut sinar akan bertabrakan dengan elektron dari formasi. Pada setiap tabrakan *sinar gamma* akan berkurang energinya. *Sinar gamma* yang terhamburkan dan mencapai detektor pada suatu jarak tertentu dari sumber dihitung sebagai indikasi densitas formasi. Jumlah tabrakan merupakan fungsi langsung dari jumlah elektron didalam suatu formasi. Karena itu *log densitas* dapat mendeterminasi *densitas* elektron formasi dihubungkan dengan densitas *bulk* sesungguhnya didalam gr/cc.

Harga *densitas matrik* batuan, porositas, dan *densitas* fluida pengisi formasi. *Log density* merupakan *log* yang sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi batubara. Pada *log* ini batubara memiliki harga *density* yang rendah karena batubara memiliki *density matrix* yang rendah. Kandungan komponen kuarsa, seperti kuarsa yang berbutir halus dapat memberikan efek yang sangat besar dalam pembacaan *log density*. Hal tersebut dapat menyebabkan porositas semu batubara akan menurun sedangkan *density* batubara akan meningkat, (Francisca, 2011).

3.2. Klasifikasi Sumberdaya

a) Sumber Daya Batubara Hipotetik (*Hypothetical Coal Resource*)

Sumber daya batu bara hipotetik adalah batu bara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan **survei tinjau**.

b) Sumber Daya Batubara Tereka (*inferred Coal Resource*)

Sumber daya batu bara tereka adalah jumlah batu bara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan **prospeksi**.

c) Sumber Daya Batubara Tertunjuk (*Indicated Coal Resource*)

Sumber daya batu bara tertunjuk adalah jumlah batu bara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap **eksplorasi pendahuluan**.

d) Sumber Daya Batubara Terukur (*Measured Coal Resourced*)

Sumber daya batu bara terukur adalah jumlah batu bara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap **eksplorasi rinci**.

Klasifikasi sumberdaya batubara merupakan upaya pengelompokan sumberdaya batubara berdasarkan keyakinan geologi dan kelayakan ekonomi. Menurut Standar Nasional Indonesia Amandemen I SNI 13-5014-1998 sumberdaya diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak titik informasi menurut kondisi geologi

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya		
		Terukur	Terunjuk	Tereka
Sederhana	Jarak Titik	$1000 < x \leq 1500$ m	$500 < x \leq 1000$ m	$x \leq 500$ m
	Informasi (m)			
Moderat	Jarak Titik	$500 < x \leq 1000$ m	$250 < x \leq 500$ m	$x \leq 250$ m
	Informasi (m)			
Kompleks	Jarak Titik	$200 < x \leq 400$ m	$100 < x \leq 200$ m	$x \leq 100$ m
	Informasi (m)			

Sumber : Rancangan Standard Nasional (RSNI)

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 aktivitas 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 (Sumatera Selatan), Senakin Barat (Kalimantan Selatan), 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. Dicitrakan oleh kemiringan lapisan dan variasi ketebalan lateral yang sedang.
- d. Sebaran percabangan batubara masih dapat diikuti sampai ratusan meter.
- e. Contoh batubara di Senakin, Formasi Tanjung (Kalimantan Selatan), Loa Janan-Loa Kulu, Petanggis (Kalimantan Timur), Suban dan Air Laya (Sumatera Selatan), serta Gunung Batu Besar (Kalimantan Selatan).

3. Kondisi Geologi Kompleks

Dengan ciri sebagai berikut :

- a. Umumnya telah mengalami deformasi tektonik yang intensif.
- b. Pergeseran dan perlipatan akibat aktivitas tektonik menjadikan lapisan batubara sulit dikorelasikan.
- 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 (Kalimantan Selatan), Sawahluhung (Sumatera Barat), Air Kotok (Bengkulu), Bojongmanik (Jawa Barat), serta daerah batubara yang mengalami ubahan intrusi batuan beku di Bunian Utara (Sumatera Selatan).

3.3. Perhitungan Sumberdaya Batubara

3.3.1. Data Perhitungan Sumberdaya

Secara umum, pemodelan dan perhitungan cadangan batubara memerlukan data-data dasar sebagai berikut :

- Peta topografi
- Data penyebaran singkapan batubara (telah disesuaikan dengan format/datum peta)
- Data dan sebaran titik bor
- Peta geologi lokal (meliputi litologi, stratigrafi, dan struktur geologi)
- Peta situasi dan data-data yang memuat batasan-batasan alamiah seperti aliran sungai, jalan, perkampungan, dan lain-lain.

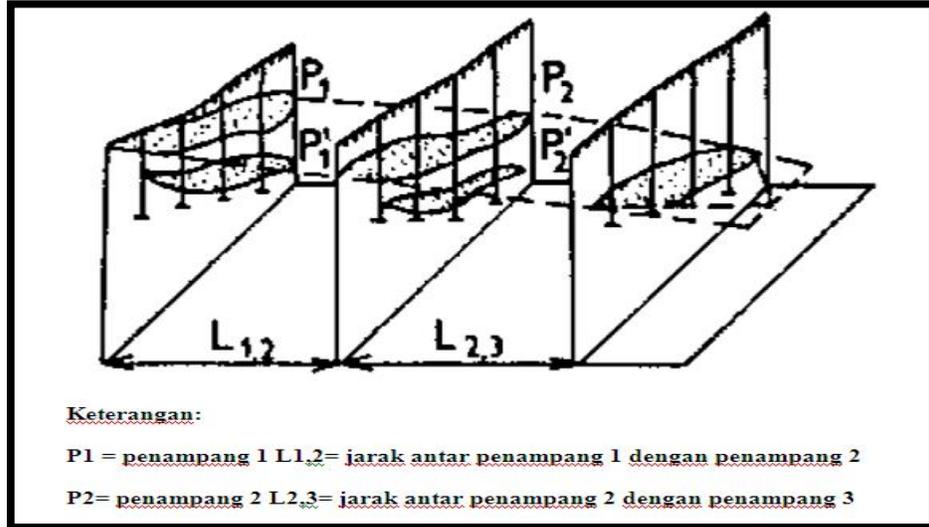
Data penyebaran singkapan batubara berguna untuk mengetahui *cropline* batubara, yang merupakan posisi dimana penambangan dimulai. Dari pemboran diperoleh hasil berupa data elevasi atap/*roof* dan lantai/*floor* batubara. Peta situasi dan data-data yang memuat batasan-batasan alamiah (aliran sungai, jalan, perkampungan, dan sebagainya) berguna untuk menentukan batas 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. Model penampang dibuat dari kombinasi antara topografi dengan data pemboran (*roof* dan *floor* batubara). Selanjutnya penampang *seam* batubara berguna untuk memudahkan perhitungan sumberdaya dan cadangan batubara secara konvensional. Selain itu dapat juga digunakan untuk menghitung cadangan tertambang (*mineable reserve*) dengan memasukkan asumsi sudut lereng dengan SR.

3.3.2. Metode Perhitungan Sumberdaya

Pemilihan metode perhitungan cadangan didasari oleh faktor geologi endapan, metode eksplorasi, data yang dimiliki, tujuan perhitungan, dan tingkat kepercayaan yang diinginkan. Berdasarkan metode (teknik/asumsi/pendekatan), maka penaksiran dan perhitungan sumberdaya atau cadangan terdiri dari metode konvensional yang terbagi beberapa macam, namun disini saya akan dijelaskan metode yang digunakan dalam perhitungan sumberdaya pada penelitian ini yaitu Metode *Cross Section*. Metode ini adalah salah satu metode perhitungan sumberdaya secara konvensional. Dengan menghubungkan titik antar pengamatan terluar. Sehingga untuk mencari satu volume dibutuhkan dua penampang (Gambar 10).



Gambar 8. Metode *Cross Section* (Isaaks dkk, 1989 Ajun, 2011)

➤ Perhitungan Sumberdaya Batubara

Penerapan perhitungan tonase sumberdaya batubara dengan Metode *Cross Section* sangat tergantung pada data pemboran dan data singkapan endapan. Pada prinsipnya ada beberapa langkah dalam perhitungan, yaitu membagi lapisan batubara menjadi beberapa blok-blok penampang dengan selang jarak tertentu. Selang jarak tersebut dapat sama tiap blok atau berbeda-beda tergantung pada kondisinya. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Menghitung luas sayatan
- Menghitung jarak tiap sayatan
- Menghitung tonase batubara

Jumlah tonase batubara yang terdapat di daerah penelitian dengan rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{a+b}{2} \times h \times \rho \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

T = Tonase batubara, ton

a = Luas sayatan a, m²

b = Luas sayatan b, m²

h = Jarak antar sayatan, m

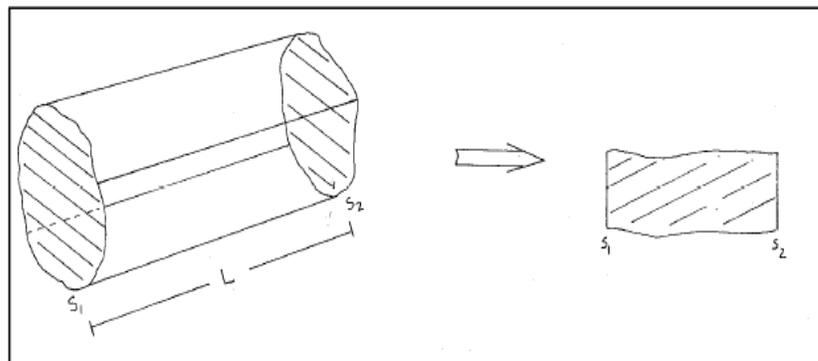
ρ = Bobot isi batubara, ton/m³

3.3.3. Perhitungan Volume

Adapun rumus perhitungan volume yang digunakan adalah rumus luas rata-rata (*mean area*) dan rumus kerucut terpancung (*frustum*).

a. Rumus Luas Rata-rata (*Mean Area*)

Rumus luas rata-rata (*mean area*) adalah rumus yang paling sederhana untuk perhitungan volume yang terletak di antara dua buah penampang yang sejajar. Sketsa perhitungan volume endapan dengan rumus *mean area* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 9. Sketsa Perhitungan Volume Endapan dengan Rumus *Mean Area*
(Popoff, 1965 op cit Ajun, 2011)

$$V = \frac{S1+S2}{2} \times L \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

S1, S2 = luas tiap-tiap penampang (m²)

L = jarak antar penampang satu dengan lainnya (m)

V = volume cadangan (m³)

Jika endapan yang telah dibagi dalam bentuk blok-blok dengan jarak setiap penampang sama, maka dapat dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{(S1+S2+S3+\dots+S_n)}{2} \times L \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

S1, S2, Sn = luas tiap-tiap penampang (m²)

L = jarak antar penampang satu dengan lainnya (m)

V = volume cadangan (m³)

Jika endapan yang telah dibagi dalam bentuk blok-blok dengan jarak setiap penampang tidak sama, maka dapat dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{(S1+S2)}{2} \times L1 + \frac{(S2+S3)}{2} \times L2 + \dots + \frac{(S_{n-1}+S_n)}{2} \times L_n \dots (4)$$

Keterangan :

S1, S2, Sn = luas tiap-tiap penampang (m²)

L1, L2, Ln = jarak antar penampang satu dengan lainnya (m)

V = volume cadangan (m³)

(Ajun, 2011)

3.4. Nisbah Pengupasan (*Stripping Ratio*)

Nisbah pengupasan adalah perbandingan antara volume lapisan tanah penutup yang akan digali dengan jumlah tonase batubara yang akan diambil. Ini dilakukan untuk dapat menentukan pada elevasi berapakah nisbah pengupasan yang paling menguntungkan untuk ditambang dengan cara tambang terbuka. Nisbah pengupasan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan ekonomis tidaknya pengambilan suatu cadangan batubara. Semakin besar nisbah pengupasannya, berarti semakin banyak *overburden* yang harus digali untuk mengambil endapan batubara. Semakin kecil nisbah pengupasannya, semakin sedikit *overburden* yang harus digali. Di tambang batubara sering dipakai m^3 waste/ton batubara.

$$\text{Stripping Ratio} = \frac{\text{Tanah Penutup (m}^3\text{)}}{\text{Batubara (ton)}}$$

a) *Stripping Ratio by Volume*

Stripping Ratio by volume adalah perbandingan antar volume tanah penutup atau *overburden* yang akan digali (m^3) dengan jumlah volume batubara yang akan diambil (ton) dijadikan dalam m^3 .

$$\text{Stripping Ratio by Volume} = \frac{\text{overburden, m}^3}{\text{Batubara, m}^3}$$

Batubara dalam (ton) dikonversikan menjadi m^3 yaitu membagi berat batubara dengan densitas batubara, sehingga volume batubara menjadi m^3 .

b) *Stripping Ratio by Area*

Stripping Ratio by area adalah perbandingan antara luasan lapisan tanah penutup (m²) dengan luasan batubara (m²) pada suatu sayatan.

$$\text{Stripping Ratio by Area} = \frac{\text{overburden, m}^2}{\text{batubara, m}^2}$$

Dari *Stripping Ratio by volume* perbandingan *overburden* dan batubara dalam m³ dibagi dengan jarak antar sayatan, sehingga menjadi perbandingan luas yaitu dalam m², (Ajun, 2011).