

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Batubara**

Batubara adalah sedimen organik yang proses pembentukannya berasal dari dekomposisi dari hancuran tumbuhan-tumbuhan, yang terendapkan pada suatu cekungan dalam kondisi rawa.

Batubara terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami proses pembusukan, pemampatan dan proses perubahan sebagai akibat bermacam-macam pengaruh kimia dan fisika. Proses pembentukan dari sisa-sisa tumbuhan menjadi gambut kemudian menjadi batubara muda sampai batubara tua terbagi dalam dua tahap :

1. Tahap Biokimia. Pada tahap ini terjadi proses pembusukan sisa-sisa tumbuhan yang disebabkan oleh kerja bakteri anaerob. Produk dari proses ini adalah gambut, sehingga tahap ini sering disebut tahap penggambutan (*patification*).
2. Tahap Geokimia. Tahap ini disebut sebagai proses pematubaraan (*coalification*), hal ini ditunjukkan dengan bertambah gelapnya warna dari massa pembentuk batubara, naiknya tingkat kekerasan, dan terjadinya perubahan tekstur. Pada proses ini terjadi proses perubahan dari gambut menjadi lignit, sub-bituminus dan antrasit menjadi menjadi meta-antrasit.

Adapun urutan proses pembentukan batubara dimulai dari gambut, lignit, sub bituminous, bituminus, semi antrasit hingga menjadi antrasit. Gambut merupakan tumbuhan yang telah mati dan mengalami dekomposisi sebagian serta terakumulasi dalam payau.

Pada waktu pengambilannya, kandungan airnya antara 80% - 90% tetapi setelah dikeringkan di udara terbuka kandungan airnya hanya 5% - 6%. Gambut cocok untuk dijadikan bahan bakar, hanya saja nilai kalorinya kecil. gambut kering dapat dibuat menjadi briket dengan proses tekan ataupun dengan menggunakan zat pengikat seperti tar.

Lignit biasanya mengandung sedikit material kayu dan mempunyai struktur yang lebih kompak jika dibandingkan dengan gambut. Lignit yang baru di tambang mempunyai kandungan air antara 20-24 % dengan nilai kalori 3056-4611 kal/gram, sedangkan untuk lignit bebas air dan abu berkisar antara 10000-11100 kal/gram.

Sub bituminus biasanya berwarna hitam mengkilap seperti kilapan logam, tetapi karakternya sering berubah. Pada waktu di tambang, nilai kalorinya sekitar 4440-6110 kal/gram dengan kandungan air mencapai 40 %.

Batubara jenis bituminus ini memiliki nilai kalori antara 4440-8330 kal/gram. Batubara jenis ini digolongkan dalam beberapa sub-kelas berdasarkan peran dan keragamannya yaitu bituminus dengan kandungan zat terbang tinggi, menengah, dan rendah.

Semi antrasit memiliki karakter antara batubara bituminus dengan kandungan zat terbang tinggi dengan antrasit, yaitu berkisar antara 8-14 %, sehingga batubara jenis ini lebih mudah terbakar dibandingkan dengan antrasit dengan nyala sedikit kekuning-kuningan. Antrasit Biasa disebut batubara keras. Sifat dari antarsit ini ditentukan oleh susunan keteraturan molekul dan derajat kilap. Antrasit memiliki nilai kalori tinggi antara 7200-7780 kal/gram dengan nyala biru pucat dan bebas asap.

### **3.1.1. Lingkungan Pengendapan**

Dalam lingkungan pengendapan ada beberapa jenis lingkungan pengendapan. Adapun jenis lingkungan pengendapan sebagai berikut :

1. Lingkungan Pengendapan *Barrier* : Barrier terbentuk selama delta mengalami progadasi, dan lalu terjadi pengisian suplai sedimen dari darat dan laut hingga meluas ke daerah rawa *back-barrier*. Lingkungan barrier mempunyai peran penting, yaitu menutup pengaruh oksidasi dari air laut dan mendukung pembentukan gambut di bagian dataran.
2. Lingkungan Pengendapan *Back-Barrier* ; Karakteristik batuan sedimen pada lingkungan *back barrier* adalah mengalami *coarsening upward*, terdapat serpih abu-abu gelap yang kaya bahan organik, batulanau dan mengandung batubara yang tipis dengan penyebaran secara lateral yang tidak menerus serta konkresi siderit. Batubara di daerah lingkungan *back-barrier* umumnya tipis, tidak menerus, mengandung banyak sulfur, dan seringkali juga disebut shale hitam atau *bone coal*. Lempung pada daerah back-barrier tidak memiliki struktur laminasi dan banyak mengandung kaolin karena adanya pencucian montmorilinit oleh air asam pada gambut.
3. Lingkungan Pengendapan *Lower Delta Plain* ; Lingkungan lower delta plain didominasi oleh sekuen *coarsening upward* yang terdiri dari batulumpur dan batulanau, memiliki ketebalan antara 15-55 m dan penyebaran lateral 8 hingga 10 km. Bagian bawah dari sekuen sedimen ini adalah batulumpur abu-abu gelap hingga hitam dan terdapat siderit dan batugamping dengan sebaran yang tidak teratur. Pada bagian atas sekuen ini sering dijumpai batupasir, menunjukkan adanya peningkatan energi transportasi pada daerah perairan dangkal ketika teluk terisi endapan sedimen. Bila teluk telah cukup terisi maka tumbuhan akan dapat tumbuh, sehingga dalam kurun waktu tertentu batubara dapat terbentuk. Namun demikian, tetapi bila teluk tidak terisi penuh, organisme, batupasir, dan siderit akan terbentuk. Pola umum *coarsening upward* atau mengkasar keatas pada *interbutary bar* di beberapa tempat

dapat terputus oleh *detritus creavase splays*.

4. Lingkungan Pengendapan *Upper Delta Plain* – Fluvial ; Upper delta plain merupakan daerah akumulasi gambut dalam jumlah yang tidak banyak, namun lingkungannya relatif stabil. Endapannya didominasi oleh bentuk linier, tubuh batupasir lentikuler yang memiliki ketebalan hingga 25 m dan lebar 11 km. Tumbuhan pada sub-lingkungan *upper delta plain* akan didominasi oleh pohon-pohon keras dan akan menghasilkan batubara yang *blocky*, sedangkan tumbuhan pada *lower delta plain* didominasi oleh tumbuhan nipah-nipah pohon yang menghasilkan batubara berlapis.
5. Lingkungan Pengendapan *Transitional Lower Delta Plain* ; Zona diantara lower dan upper delta plain adalah zona transisi yang mengandung karakteristik litofasies dari sekuen tersebut yang merupakan juga sekuen bay-fill yang dicirikan oleh litologi yang berbutir halus dan lebih tipis (1,5 – 7,5 m) daripada sekuen *lower delta plain*. Perkembangan rawa pada lingkungan transisi *lower delta plain* sangat intensif, karena adanya pengisian sedimen pada daerah "*interdistributary bay*" sehingga dapat terbentuk lapisan batubara yang tersebar luas dengan kecenderungan agak memanjang sejajar dengan jurus perlapisan.

### 3.1.2. Analisis Kualitas Batubara

Analisis kualitas batubara menjadi salah satu parameter untuk menentukan *rank* batubara. Nilai ini berguna untuk menentukan harga batubara. Analisis kualitas batubara terbagi ke dalam dua jenis pengujian yaitu analisis proksimat dan analisis *ultimat*

#### 3.1.2.1. Analisis Proksimat

Analisis Proksimat Batubara digunakan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas batubara dalam kaitannya dengan penggunaan batubara tersebut, yaitu

untuk mengetahui jumlah relatif air lembab (*moisture content*), zat terbang (VM), abu (*ash*), dan karbon tertambat (FC) yang terkandung didalam batubara. Analisis proksimat ini merupakan pengujian yang paling mendasar dalam penentuan kualitas batubara.

1. Kandungan Air (*Moisture content*)

*Moisture* didefinisikan sebagai air yang dapat dihilangkan bila batubara dipanaskan sampai suhu 105°C. Sementara itu, air dalam batubara ialah air yang terikat secara kimia pada lempung. Semua batubara mempunyai pori-pori berupa pipa-pipa kapiler, dalam keadaan alami pori-pori ini dipenuhi oleh air. Didalam standar ASTM, air ini disebut *moisture bawaan (inherent moisture)*. Ketika batubara ditambang dan diproses, air dapat teradsorpsi pada permukaan kepingan batubara, menurut standar ASTM air ini disebut *moisture permukaan (surface moisture)*. Air yang terbentuk dari penguraian fraksi organik batubara atau zat mineral secara termis bukan merupakan bagian dari *moisture* dalam batubara.

2. Kandungan Abu (*Ash content*)

*Coal ash* didefinisikan sebagai zat organik yang tertinggal setelah sampel batubara dibakar (*incineration*) dalam kondisi standar sampai diperoleh berat yang tetap. Selama pembakaran batubara, zat mineral mengalami perubahan, karena itu banyak *ash* umumnya lebih kecil dibandingkan dengan banyaknya zat mineral yang semula ada didalam batubara. Hal ini disebabkan antara lain karena menguapnya air konstitusi (hidratasi) dan lempung, karbon dioksida serta karbonat, teroksidasinya pirit menjadi besi oksida, dan juga terjadinya fiksasi belerang oksida.

3. Kandungan *Fixed Carbon*

*Fixed Carbon* (FC) menyatakan banyaknya karbon yang terdapat dalam material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan. FC ini mewakili sisa penguraian dari

komponen organik batubara ditambah sedikit senyawa nitrogen, belerang, hidrogen dan mungkin oksigen yang terserap atau bersatu secara kimiawi.

Kandungan FC digunakan sebagai indeks hasil kokas dari batubara pada waktu dikarbonisasikan, atau sebagai suatu ukuran material padat yang dapat dibakar di dalam peralatan pembakaran batubara setelah fraksi zat mudah menguap dihilangkan. Apabila *ash* atau zat mineral telah dikoreksi, maka kandungan FC dapat dipakai sebagai indeks rank batubara dan parameter untuk mengklasifikasikan batubara. Fixed carbon ditentukan dengan perhitungan : 100% dikurangi persentase *moisture*, VM, dan *ash* (dalam basis kering udara (adb)).

*Fixed Carbon* merupakan ukuran dan padatan yang dapat terbakar yang masih berada dalam peralatan pembakaran setelah zat-zat mudah menguap yang ada dalam batubara keluar. Ini adalah salah satu nilai yang digunakan didalam perhitungan efisiensi peralatan pembakaran.

#### 4. *Volatile Matter*

Definisi *volatile matter* (VM) ialah banyaknya zat yang hilang bila sampel batubara dipanaskan pada suhu dan waktu yang telah ditentukan (setelah dikoreksi oleh kadar *moisture*). *Volatile* yang menguap terdiri atas sebagian besar gas-gas yang mudah terbakar, seperti hidrogen, karbon monoksida, dan metan, serta sebagian kecil uap yang dapat mengembun seperti tar, hasil pemecahan termis seperti karbon dioksida dari karbonat, sulfur dari pirit, dan air dari lempung.

*Moisture* berpengaruh pada hasil penentuan VM sehingga sampel yang dikeringkan dengan oven akan memberikan hasil yang berbeda dengan sampel yang dikering-udarkan. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi hasil penentuan VM ini adalah suhu, waktu, kecepatan pemanasan, penyebaran butir, dan ukuran partikel.

VM yang ditentukan dapat digunakan untuk menentukan rank suatu batubara, klasifikasi, dan proporsinya dalam *blending*. *Volatile matter* juga penting dalam pemilihan peralatan pembakaran dan kondisi efisiensi pembakaran.

#### 3.1.2.1. Analisis *Ultimat*

Analisis *Ultimat* (analisis elementer) adalah analisis dalam penentuan jumlah unsur Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N) dan Sulfur (S). Komponen organik batubara terdiri atas senyawa kimia yang terbentuk dari hasil ikatan antara karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen dan sulfur. Analisis *ultimat* merupakan analisis kimia untuk mengetahui presentase dari masing-masing senyawa. Hasil analisis tersebut, penggunaan batubara khususnya PLTU dapat memperkirakan secara stoikiometri udara yang akan dibutuhkan dalam pembakaran batubara nanti.

Karbon dan hidrogen dalam batubara merupakan senyawa kompleks hidrokarbon yang dalam proses pembakaran akan membentuk  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Selain dari karbon, mineral karbonat juga akan membebaskan  $\text{CO}_2$  selama proses pembakaran batubara berlangsung, sedangkan  $\text{H}_2\text{O}$  diperoleh dari air yang terikat pada tanah liat. Analisis ini sangat penting untuk menentukan proses pembakaran, terutama untuk penyediaan jumlah udara yang dibutuhkan.

### 3.2. Kondisi Geologi Batubara di Indonesia

Berdasarkan penelitian yang ada di Indonesia, maka untuk endapan batubara di Indonesia mempunyai karakteristik geologi yang telah dilakukan penetapan dan diatur oleh Badan Standar Nasional melalui SNI no 5015 tahun 2011. Kondisi geologi tersebut dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama: Kelompok geologi sederhana, kelompok geologi moderat, dan kelompok geologi kompleks.

Kelompok geologi sederhana adalah kondisi dimana endapan batubara dalam kelompok ini umumnya tidak dipengaruhi secara signifikan oleh lipatan, sesar dan

intrusi. Lapisan batubara pada umumnya landau, menerus secara lateral sampai ribuan meter, dan hampir tidak mempunyai percabangan. Ketebalan lapisan batubara secara lateral dan kualitasnya tidak akan memperlihatkan variasi yang signifikan.

Kelompok geologi moderat adalah dimana kondisi batubara dalam kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang lebih bervariasi dan sampai tingkat tertentu telah mengalami pengaruh tektonik dan pasca proses pengendapan, ditandai oleh adanya perlipatan dan sesar. Kelompok ini dicirikan pula oleh kemiringan lapisan dan variasi ketebalan lateral yang sedang serta berkembangnya percabangan lapisan batubara, namun sebarannya masih dapat diikuti sampai ratusan meter. Kualitas batubara secara langsung berkaitan dengan tingkat perubahan yang terjadi baik pada saat proses sedimentasi berlangsung maupun pasca pengendapan. Pada beberapa tempat, intrusi batuan beku mempengaruhi struktur lapisan dan kualitas batubaranya.

Kelompok geologi kompleks adalah kondisi batubara pada kelompok ini pada umumnya diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang kompleks atau telah mengalami deformasi tektonik yang ekstensif yang mengakibatkan terbentuknya lapisan batubara dengan ketebalan yang beragam. Kualitas batubaranya banyak dipengaruhi oleh perubahan – perubahan yang terjadi pada saat proses sedimentasi berlangsung atau pada pasca pengendapan seperti pembelahan atau kerusakan lapisan.

Perlipatan, pembalikan dan pergeseran yang ditimbulkan oleh aktivitas tektonik, umum dijumpai dan sifatnya rapat sehingga menjadikan lapisan batubara sulit direkonstruksi dan dikorelasikan. Bentuk perlipatan yang kuat juga mengakibatkan kemiringan lapisan yang terjal. Secara lateral, sebaran lapisan batubaranya terbatas dan hanya dapat diikuti sampai puluhan meter. Adapun tabel kondisi geologi menurut SNI 5015 tahun 2011 sebagai berikut.

**Tabel 3.1**  
**Parameter Penentuan Kondisi Geologi**

Parameter	Kondisi Geologi		
	Sederhana	Moderat	Kompleks
<b>1. Aspek Sedimentasi</b>			
Variasi Ketebalan	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi
Kesinambungan	Ribuan Meter	Ratusan Meter	Puluhan Meter
Percabangan	Hampir Tidak Ada	Beberapa Meter	Banyak
<b>2. Aspek Tektonik</b>			
Sesar	Hampir Tidak Ada	Jarang	Rapat
Lipatan	Hampir Tidak Terlipat	Terlipat Sedang	Terlipat Kuat
Intrusi	Tidak Berpengaruh	Berpengaruh	Sangat Berpengaruh
Kemiringan	Landai	Sedang	Terjal
<b>3. Variasi Kualitas</b>	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (SNI 5015-2011)

### 3.3. Pengeboran

Pengeboran adalah suatu kegiatan atau usaha membuat lubang untuk mendapatkan perconto ataupun menjadikan lubang tersebut sebagai hasil yang diharapkan. Untuk kegiatan pengeboran dalam tahapan eksplorasi target yang diinginkan yaitu berupa perconto yang akan menjadi hasil dari kegiatan tersebut. Kegiatan pengeboran tersebut dibedakan berdasarkan metode pengambilan perconto.

#### 3.3.1. Touch Coring

*Touch Coring* adalah teknik pengeboran yang awalnya dilakukan dengan metode *Open Hole* dan ketika mata bor menyentuh batubara (indikasi dari lubang bor keluarnya sample *cutting* batubara dan air berwarna hitam akibat batubara tergerus serta insting dari juru bor waktu proses pengeboran), maka akan di stop putaran bornya. selanjutnya stang bor di angkat dan mata bor akan diganti dengan jenis mata

bor khusus untuk pengambilan sample core serta di tambah core barrel untuk tempat penampungan sample core selama pengambilan (ukuran core barrel lebih kurang 1.60 meter). Jadi bila batubara lebih tebal akan dilakukan pengambilan coring sampai beberapa kali. Ada teknik khusus dalam melakukan coring ini dan biasanya juru bor atau driller lebih menguasai teknik ini (seperti kecepatan putaran mata bor dan kecepatan pompa lumpur bor). Metode ini adalah gabungan dari *Open Hole* dan *Touch Core*.

### 3.3.2. Full Coring

*Full Coring* adalah teknik Pengeboran yang dilakukan dari atas sampai bawah ke dalaman yang direncanakan dengan mengambil sampel coring tanpa melakukan metode *Open Hole*. Teknik ini dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih mendetail mengenai data variasi batuan (stratigrafi) dari dalam lubang bor.

Selain yang di atas ada beberapa hal lagi mengenai metode pengeboran, mulai dari metode 2 hole ( *pilot hole* dan *target hole*) dan ada juga yang menggunakan semi *single hole* dan *single hole*. Hal ini bertujuan untuk mempercepat target waktu yang akan di capai. karena dengan tercapainya target waktu yang singkat dan didukung dengan kualitas data yang baik maka bisa memperkecil pengeluaran dana operasional.

### 3.4. Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara

Klasifikasi sumberdaya batubara merupakan pengelompokan yang didasarkan pada tingkat keyakinan geologi. Berikut adalah pengertian dari tiap klasifikasi sumberdaya dan cadangan berdasarkan SNI 5015-2011.

#### 1. Sumberdaya Batubara Tereka (*Inferred Coal Resource*)

Bagian dari total sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya hanya dapat diperkirakan dengan tingkat kepercayaan yang rendah. Titik informasi yang

mungkin didukung oleh data pendukung tidak cukup untuk membuktikan kemenerusan lapisan batubara dan/atau kualitasnya. Estimasi dari kategori kepercayaan ini dapat berubah secara berarti dengan eksplorasi lanjut.

2. Sumberdaya Batubara Terunjuk (*Indicated Coal Resource*)

Bagian dari total sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya hanya dapat diperkirakan dengan tingkat kepercayaan yang masuk akal, didasarkan pada informasi yang didapat dari titik-titik pengamatan yang mungkin didukung oleh data pendukung. Titik informasi yang ada cukup untuk menginterpretasikan kemenerusan lapisan batubara, tetapi tidak cukup untuk membuktikan kemenerusan lapisan batubara dan/atau kualitasnya.

3. Sumberdaya Batubara Terukur (*Measured Coal Resource*)

Bagian dari total sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya hanya dapat diperkirakan dengan tingkat kepercayaan yang tinggi, didasarkan pada informasi yang didapat dari titik-titik pengamatan yang diperkuat dengan data-data pendukung. Titik-titik pengamatan jaraknya cukup berdekatan untuk membuktikan kemenerusan lapisan batubara dan/atau kualitasnya.

Data hasil sumberdaya yang telah didapatkan dapat diubah menjadi cadangan melalui kajian studi kelayakan tambang. Adapun faktor yang ada pada saat kegiatan pengkajian studi kelayakan yaitu dari aspek ekonomi, hukum, sosial budaya, teknis, administrasi wilayah dan lain-lain. Adapun cadangan terbagi menjadi dua yaitu :

1. Cadangan Batubara Terkira (*Probable Coal Reserve*)

Bagian dari sumberdaya batubara terunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis setelah faktor-faktor penyesuai terkait diterapkan, dapat juga sebagai bagian dari sumberdaya batubara terukur yang dapat ditambang secara ekonomis, tetapi ada ketidakpastian pada salah satu atau semua faktor penyesuai yang terkait diterapkan.

## 2. Cadangan Batubara Terbukti (*Proved Coal Reserve*)

Bagian yang dapat ditambang secara ekonomis dari sumberdaya batubara terukur setelah faktor-faktor penyesuaian yang terkait diterapkan.

Dasar klasifikasi sumberdaya batubara merupakan pengelompokan yang didasarkan atas keyakinan geologi. Berdasarkan tingkat keyakinan geologi, sumberdaya batubara terukur harus mempunyai tingkat keyakinan yang lebih besar dibandingkan dengan sumberdaya batubara terindikasi.

**Tabel 3.2**  
**Jarak Titik Informasi Pemboran Menurut Kondisi Geologi**

KONDISI GEOLOGI	KRITERIA	SUMBERDAYA		
		TEREKA	TERUNJUK	TERUKUR
SEDERHANA	JARAK TITIK INFORMASI (m)	$1000 < x \leq 1500$	$500 < x \leq 1000$	$x \leq 500$
MODERAT		$500 < x \leq 1000$	$250 < x \leq 500$	$x \leq 250$
KOMPLEKS		$200 < x \leq 400$	$100 < x \leq 200$	$x \leq 100$

Sumber : BSN (d), 2011

### 3.5. Estimasi Sumberdaya

Untuk menghitung jumlah sumberdaya batubara suatu daerah sebagai konversi dari analogi geometri badan bijih untuk satu, beberapa, atau keseluruhan dari bentuk padat, dengan ukuran, bentuk dan distribusi dari variabel. Konstruksi tergantung dari blok pada subjek pendahuluan dengan menyesuaikan dengan geologi, tambang, dan ekonomi.

Metode estimasi sumberdaya terbagi ke dalam beberapa metode yaitu, metode plan, metode penampang dan geostatistik. Adapun metode tersebut dibagi lagi ke dalam beberapa cara perhitungan.

#### 3.5.1. Metode Plan (*Planar Methods*)

Metode plan adalah metode estimasi secara lateral dengan menggunakan luasan dan ketebalan sebagai parameter dalam perhitungan. Metode ini terbagi ke dalam 3 cara perhitungan.

### 1. Blok

Metoda blok ini merupakan metoda perhitungan yang konvensional. Metoda ini umum diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana. Metode ini dilakukan dengan cara menghubungkan antara singkapan dengan dengan titik pengeboran sehingga membentuk blok endapan bahan galian. Parameter yang digunakan ketebalan rata-rata dari bahan galian berdasarkan hasil titik pengeboran. Kerapatan titik pengeboran akan berpengaruh terhadap hasil ketebalan rata-rata dari endapan bahan galian.

Untuk perhitungan tonase sumberdaya batubara digunakan rumus :

$$W = L \times t \times \rho \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- W = tonase batubara (ton)
- L = luas daerah terhitung (m<sup>2</sup>)
- t = tebal rata-rata batubara (m)
- ρ = density batubara (ton/m<sup>3</sup>)

### 2. Segitiga

Metode ini digunakan untuk blok sumberdaya yang didasarkan pada desain eksplorasi dengan menggunakan cara segitiga atau acak. Penghitungan rata-rata (ketebalan, kadar dsb) didasarkan pada setiap titik (ujung segitiga). Metode ini digunakan pada awal kegiatan eksplorasi dengan pola segitiga (acak).

### 3. Daerah pengaruh

Metode ini dilakukan dengan cara membuat daerah pengaruh yang berada disekitar lubang eksplorasi (setengah dari jarak antar dua titik). Estimasi sumberdaya didasarkan pada kontur dalam (*included area*) atau kontur luar (*extended area*). Metode ini digunakan untuk jenis bahan endapan yang variabilitasnya besar.

### 3.5.2. Metode Penampang (*Cross Sectional Methods*)

Metode penampang digunakan dalam estimasi sumberdaya yang dilakukan secara vertikal ke arah dalam. Perhitungan ini dibagi ke dalam 2 cara perhitungan.

#### 1. Penampang menegak

Masih sering dilakukan pada tahap-tahap paling awal dari perhitungan. Perhitungan dengan metode ini dapat dilakukan secara manual maupun secara komputasi menggunakan komputer. Perhitungan pada metode penampang ini menggunakan rumus prismoida karena memiliki variasi dari tiap luasan penampang.

Area konfigurasi dan bentuk lateral dari blok yang sering tidak beraturan dan dalam urutan perhitungan volume dari geometri, area dianggap memiliki ukuran yang sama; tanpa memperhitungkan permukaan yang lateral. Perhitungan volume untuk metode penampang menggunakan rumus sebagai berikut :

Jika perbedaan luas penampang kurang dari 40% maka menggunakan rumus :

$$V = r \times \left( \frac{L1+L2}{2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Jika perbedaan luas penampang lebih dari 40% maka menggunakan rumus :

$$V = \frac{1}{3} \times r \times (L1+L2 +(\sqrt{L1 \times L2})) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

V : Volume Blok di antara penampang 1 dan penampang 2 (m<sup>3</sup>)

L1 : Luas penampang 1 (m<sup>2</sup>)

L2 : Luas penampang 2 (m<sup>2</sup>)

r : Jarak antara penampang Keseluruhan (m)

#### 2. *Isoline*

Pada dasarnya penghitungan sumberdaya dengan cara ini serupa dengan metode penampang. Penampang yang digunakan berupa bidang mendatar (bidang

kontur tubuh bijih atau topografi). Kontur didasarkan oleh kadar/*cut off grade* dan alasnya merupakan kontur bagian bawah, sedangkan atasnya merupakan kontur sebelah atasnya. Cara ini sangat baik untuk menghitung sumberdaya tubuh bijih yang berbentuk gunung (kerucut) atau isometris.

### 3.5.3. Metode Geostatistika

Geostatistika adalah metode statistik yang digunakan untuk melihat hubungan antara variabel yang diukur pada titik tertentu dengan variabel yang sama diukur pada titik dengan jarak tertentu dari titik pertama (data spasial) dan digunakan untuk mengestimasi parameter di tempat yang tidak diketahui datanya.

Metode ini pada dasarnya yaitu mempelajari sifat dan kualitas data berupa penyusunan parameter statistik (koefisien variasi, variabilitas). Kemudian mempelajari kecenderungan sebaran bijih (daerah pengaruh) dengan cara analisis variogram. Selanjutnya mengestimasi nilai/besaran suatu titik atau volume/tonase berdasarkan data di sekitarnya dengan metode *kriging*. Tahapan terakhir yaitu mempelajari kualitas data (pemercontohan dan analisis laboratorium).

Sifat khusus dari data spasial ini adalah ketakbebasan dan keheterogenan. Ketakbebasan disebabkan oleh adanya perhitungan galat pengamatan dan hasil yang diteliti dalam satu titik ditentukan oleh titik yang lainnya dalam sistem dan keheterogenan disebabkan adanya perbedaan wilayah.