

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Batubara

Batubara diartikan sebagai batuan sedimen yang berasal dari material organik (*organo clastic sedimentary rock*), dapat dibakar dan memiliki kandungan utama berupa C, H, O (Rumidi, 2006). Batubara adalah bahan bakar padat yang mengandung abu. Oleh sebab itu, dalam pemanfaatannya diperlukan biaya yang cukup tinggi dalam proses penanganannya (*coal handling*). Dalam pemanfaatannya batubara memerlukan penanganan yang baik untuk menghindari beberapa masalah, antara lain :

1. Batubara dapat terbakar dengan sendirinya (*spontaneous combustion*).
2. Batubara dapat menimbulkan ledakan pada umumnya pada tambang bawah tanah.
3. Batubara dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.



Sumber : Dokumentasi Kegiatan Lapangan

**Gambar 3.1**  
**Foto Batubara Seam C-53**

Di Indonesia, batubara merupakan bahan bakar utama selain solar (*diesel fuel*) yang telah umum digunakan pada banyak industri, dari segi ekonomis batubara jauh lebih hemat dibandingkan solar, dengan perbandingan sebagai berikut: Solar Rp 0,74/kilokalori sedangkan batubara hanya Rp 0,09/kilokalori, (berdasarkan harga solar industri Rp. 6.200/liter). Dari segi kuantitas batubara termasuk cadangan energi fosil terpenting bagi Indonesia. Jumlahnya sangat berlimpah, mencapai puluhan milyar ton. Jumlah ini sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batubara dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui PLTU. Selain mengotori lingkungan melalui polutan CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> cara ini dinilai kurang efisien dan kurang memberi nilai tambah tinggi.

### 3.2 Klasifikasi Batubara

Pengklasifikasian batubara didasarkan pada derajat dan kualitas dari batubara tersebut, yaitu :

#### 1. Gambut / *Peat*

Golongan ini sebenarnya termasuk jenis batubara, tapi merupakan bahan bakar. Hal ini disebabkan karena masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara. Endapan ini masih memperlihatkan sifat awal dari bahan dasarnya (tumbuh-tumbuhan).

#### 2. *Lignite*

Golongan ini sudah memperlihatkan proses selanjutnya berupa struktur kekar dan gejala pelapisan. Apabila dikeringkan, maka gas dan airnya akan keluar. Endapan ini bisa dimanfaatkan secara terbatas untuk kepentingan yang bersifat sederhana, karena panas yang dikeluarkan sangat rendah.

### 3. *Sub-Bituminous* / Bitumen Menengah

Golongan ini memperlihatkan ciri-ciri tertentu yaitu warna yang kehitam-hitaman dan sudah mengandung lilin. Endapan ini dapat digunakan untuk pemanfaatan pembakaran yang cukup dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi.

### 4. *Bituminous*

Golongan ini dicirikan dengan sifat-sifat yang padat, hitam, rapuh (*brittle*) dengan membentuk bongkah-bongkah prismatic. Berlapis dan tidak mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan. Endapan ini dapat digunakan antara lain untuk kepentingan transportasi dan industri.

### 5. *Anthracite*

Golongan ini berwarna hitam, keras, kilap tinggi, dan pecahannya memperlihatkan pecahan conchoidal. Pada proses pembakaran memperlihatkan warna biru dengan derajat pemanasan yang tinggi. Digunakan untuk berbagai macam industri besar yang memerlukan temperatur tinggi.

Semakin tinggi kualitas batubara, maka kadar karbon akan meningkat, sedangkan hidrogen dan oksigen akan berkurang. Batubara bermutu rendah, seperti *Lignite* dan *Sub-Bituminous*, memiliki tingkat kelembaban (*moisture*) yang tinggi dan kadar karbon yang rendah, sehingga energinya juga rendah. Semakin tinggi mutu batubara, umumnya akan semakin keras dan kompak, serta warnanya akan semakin hitam mengkilat. Selain itu, kelembabannya pun akan berkurang sedangkan kadar karbonnya akan meningkat, sehingga kandungan energinya juga semakin besar.

### 3.2.1 Klasifikasi menurut ASTM

Klasifikasi ini dikembangkan di Amerika oleh *Bureau of Mines* yang akhirnya dikenal dengan Klasifikasi menurut ASTM (*America Society for Testing and Material*). Klasifikasi ini berdasarkan *rank* dari batubara itu atau berdasarkan derajat *metamorphism* nya atau perubahan selama proses *coalifikasi* (mulai dari *Lignite* hingga *Anthracite*). Untuk menentukan *rank* batubara diperlukan data *fixed carbon* (dmmf), *volatile matter* (dmmf) dan nilai kalor dalam Btu/lb dengan basis mmmf (moist, mmf). Cara pengklasifikasian yaitu :

1. Untuk batubara dengan kandungan VM lebih kecil dari 31% maka klasifikasi didasarkan atas FC nya, untuk ini dibagi menjadi 5 group, yaitu:
  - a. FC lebih besar dari 98% disebut *meta Anthracite* ;
  - b. FC antara 92-98% disebut *Anthracite* ;
  - c. FC antara 86-92% disebut *Semianthracite* ;
  - d. FC antara 78-86% disebut *Low Volatile* ;
  - e. FC antara 69-78% disebut *Medium Volatile*.
2. Untuk batubara dengan kandungan VM lebih besar dari 31%, maka klasifikasi didasarkan atas nilai kalornya dengan basis mmmf.
  - 3 group *bituminous coal* yang mempunyai *moist* nilai kalor antara 13.000 - 14.000 Btu/lb yaitu :
    - a. *High Volatile A Bituminuos coal* (>14.000) ;
    - b. *High Volatile B Bituminuos coal* (13.000-14.000) ;
    - c. *High Volatile C Bituminuos coal* (<13.000).
  - *Group Sub-Bituminous coal* yang mempunyai nilai kalor antara 8.300-13.000 Btu/lb yaitu :
    - a. *Sub-Bituminuos A coal* (11.000-13.000) ;
    - b. *Sub-Bituminuos B coal* (9.000-11.000) ;

c. *Sub-Bituminuos C coal* (8.300-9.500).

3. Untuk batubara jenis *Lignite*

- 2 *group Lignite coal* dengan nilai kalor di bawah 8.300 Btu/lb yaitu:
  - a. *Lignite* (6300-8.300) ;
  - b. *Brown Coal* (<6.300).

### 3.2.2 Klasifikasi menurut *International*

Klasifikasi ini dikembangkan oleh *Economic Commision for Europe* pada tahun 1956. Klasifikasi ini dibagi atas dua bagian yaitu :

1. *Hard Coal* Didefinisikan untuk batubara dengan *gross calorific value* lebih besar dari 10.260 Btu/lb atau 5.700 kcal/kg (moist, *ash free*). *International System* dari *hard coal* dibagi atas 10 kelas menurut kandungan VM (daf). Kelas 0 sampai 5 mempunyai kandungan VM lebih kecil dari 33% dan kelas 6 sampai 9 dibedakan atas nilai kalornya (mmaf) dengan kandungan VM lebih dari 33%. Masing-masing kelas dibagi atas 4 *group* (0-3) menurut sifat *cracking*-nya ditentukan dari "*Free Swelling Index*" dan "*Roga Index*". Masing *group* ini dibagi lagi atas sub *group* berdasarkan tipe dari coke yang diperoleh pengujian *Gray King* dan *Audibert-Arnu dilatometer test*. Jadi pada *International* klasifikasi ini akan terdapat 3 angka, angka pertama menunjukkan kelas, angka kedua menunjukkan *group* dan angka ketiga menunjukkan *sub-group*. Sifat *caking* dan *coking* dari batubara dibedakan atas kelakuan serbuk batubara bila dipanaskan. Bila laju kenaikan *temperature relative* lebih cepat menunjukkan sifat *caking*. Sedangkan sifat *coking* ditunjukkan apabila laju kenaikan *temperature* lambat.
2. *Brown Coal International* klasifikasi dari *Brown coal* dan lignit dibagi atas parameternya yaitu *total moisture* dan *low temperature Tar Yield* (daf).
  - a. Berdasarkan *total moisture (ash free)* dibagi atas 6 kelas:

- 1) Nomor kelas 10 dengan *total moisture* lebih dari 20%, *ash free* ;
  - 2) Nomor kelas 11 dengan *total moisture* 20-30%, *ash free* ;
  - 3) Nomor kelas 12 dengan *total moisture* 30-40%, *ash free* ;
  - 4) Nomor kelas 13 dengan *total moisture* 40-50%, *ash free* ;
  - 5) Nomor kelas 14 dengan *total moisture* 50-60%, *ash free* ;
  - 6) Nomor kelas 15 dengan *total moisture* 60-70%, *ash free*.
- b. Berdasarkan *low temperature Tar Yield* (daf) dibagi lagi atas 5 *group* yaitu:
- 1) *No group 00 tar yield* lebih rendah dari 10% daf ;
  - 2) *No group 10 tar yield* antara 10-15 % daf ;
  - 3) *No group 20 tar yield* antara 15-20 % daf ;
  - 4) *No group 30 tar yield* antara 20-25 % daf ;
  - 5) *No group 40 tar yield* lebih dari 25% daf.

### 3.3 Parameter Kualitas Batubara

#### 1. *Calorific Value* / Nilai kalori

*Calorific Value* atau nilai kalori yaitu jumlah panas yang dihasilkan apabila batubara dibakar. Panas ini merupakan reaksi eksotermal yang melibatkan senyawa hidrokarbon dan oksigen. Nilai kalor dibagi menjadi dua, yaitu nilai kalori kotor dan nilai kalori bersih, *Gross Calorific Value* (GCV) adalah nilai kalori kotor sebagai nilai kalor hasil dari pembakaran batubara dengan semua air dihitung dalam keadaan wujud gas. *Net Calorific Value* (NCV) adalah nilai kalori bersih hasil pembakaran batubara di mana kalori yang dihasilkan merupakan nilai kalor. Harga nilai kalori bersih ini dapat dicari setelah nilai kalori kotor batubara. Nilai kalor batubara merupakan sejumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara bahan-bahan yang mudah terbakar seperti karbon, hidrogen dan *sulfur* dengan koreksi panas penguraian dan

panas karena reaksi eksotermis dan endotermis dari pembakaran unsur-unsur pengotor batubara. Dalam pemilihan batubara, nilai kalor menjadi syarat utama pemilihan batubara sebagai bahan bakar.

*Calorific Value (CV)* dinyatakan dalam kkal/kg, banyaknya jumlah kalori yang dihasilkan oleh batubara tiap satuan berat (dalam kilogram). Dikenal nilai kalori net (*net calorific value* atau *low heating calorific value*), yaitu nilai kalori hasil pembakaran di mana semua air ( $H_2O$ ) dihitung dalam keadaan gas, dan nilai kalori gross (*grosses calorific value* atau *high heating value*), yaitu nilai kalori hasil pembakaran di mana semua air ( $H_2O$ ) dihitung dalam keadaan wujud cair. Semakin tinggi nilai HV, makin lambat jalannya batubara yang diumpankan sebagai bahan bakar setiap jamnya, sehingga kecepatan umpan batubara (*coal feeder*) perlu disesuaikan. Hal ini perlu diperhatikan agar panas yang ditimbulkan tidak melebihi panas yang diperlukan dalam proses industri. Akibat selanjutnya akan memperpanjang masa pakai *burner*, *wind box*, *pulvizer* (alat penghancur/pembubuk), dan peralatan lainnya. Pada Tabel 3.1 menunjukkan angka konversi nilai kalori dari setiap satuan yang akan digunakan

**Tabel 3.1**  
**Konversi Nilai Kalori**

	<b>Btu/lb</b>	<b>Kkal/kg</b>	<b>MJ/kg</b>
Btu/lb	1	0,5555	0,002326
Kkal/kg	1,8	1	0,004187
MJ/kg	429,923	238,846	1

## 2. *Total Moisture (Lengas Total)*

Kandungan air dalam batubara dikenal sebagai sifat lengas (*moisture*). Kandungan lengas (*moisture content*), digolongkan sebagai lengas bebas (*free moisture*), yaitu lengas yang disebabkan oleh adanya kandungan air mekanika (air yang menempel pada butir batubara), lengas bawaan (*inherent*

*moisture*), yaitu lengas yang disebabkan oleh adanya kandungan air mineral (air yang merupakan bagian dari senyawa batubara/air yang terdapat dalam unsur batubara) dan lengas total (*total moisture*) yaitu jumlah total kandungan batubara yang merupakan penjumlahan dari *free moisture + inherent moisture*. Jumlah lengas dalam batubara akan mempengaruhi penggunaan udara primer. Batubara dengan kandungan lengas tinggi akan memerlukan lebih banyak udara primer untuk mengeringkan batubara tersebut agar suhu batubara pada saat keluar dari gilingan (*mill*) tetap, sehingga hasil produksi industri dapat dijamin kualitasnya. Lengas batubara ditentukan oleh jumlah kandungan air yang terdapat pada batubara. Kandungan air pada batubara dapat berbentuk kandungan air *internal* (air senyawa/unsur) yaitu air yang terikat secara kimiawi. Jelas air ini sulit dilepaskan atau dihilangkan tetapi dapat dikurangi, dengan cara memperkecil ukuran butir batubara. Jenis air yang kedua adalah air *external* (air mekanikal), yaitu air yang menempel pada permukaan butir batubara.

Makin luas ukuran butir batubara, makin luas jumlah permukaan butir secara keseluruhan, sehingga makin banyak pula air yang menempel. Satu hal yang menguntungkan bahwa batubara mempunyai sifat *hydrophobic*, artinya apabila batubara telah dikeringkan maka batubara tersebut sulit menyerap air, sehingga tidak akan menambah jumlah air *internal*. Selama proses penimbunan di *stockpile* akan timbul panas yang mampu menguap air mekanikal yang menempel pada permukaan butir.

*Total moisture* didefinisikan sebagai semua *moisture* yang terdapat dalam batubara yang tidak terikat secara kimia dalam substansi batubara atau kandungan mineralnya (*mineral matter*). Kandungan air dalam batubara harus diangkut, di-*handling* dan disimpan bersama-sama batubara. Kadar air akan



menurunkan kandungan panas per kg batubara, dan kandungannya berkisar antara 0,5 hingga 10%. Pengaruh kandungan air pada batubara, yaitu:

- Meningkatkan kehilangan panas, karena penguapan dan pemanasan berlebih dari uap ;
- Membantu pengikatan partikel halus pada tingkatan tertentu ;
- Membantu radiasi transfer panas.

Penentuan *total moisture* biasanya dibagi menjadi dua tahap penentuan yaitu:

1. Penentuan *free moisture* atau *air dry loss* ;
2. Penentuan *Inherent moisture*

$$TM = FM + IM ( 1-ADL/100)$$

$$IM = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

Keterangan :

IM = *Inherent Moisture*

M1 = Berat wadah

M2 = Berat wadah + *sample* sebelum pemanasan

M3 = Berat wadah + *sample* setelah pemanasan

3. *Ash Content (Kandungan Abu)*

Komposisi batubara bersifat heterogen, terdiri dari unsur organik (berasal dari tumbuh-tumbuhan) dan senyawa anorganik, yang merupakan hasil rombakan batuan yang ada di sekitarnya, bercampur selama proses transportasi, sedimentasi, dan proses pembatubaraan (*coalification*). Apabila batubara dibakar, senyawa anorganik yang ada diubah menjadi senyawa oksida yang berukuran butir halus dalam bentuk abu. Abu hasil pembakaran batubara ini, dikenal sebagai *ash content* (kandungan abu). Abu ini merupakan kumpulan dari bahan-bahan pembentuk batubara yang tidak dapat terbakar (*non combustible materials*), atau yang dioksidasi oleh oksigen. Apabila batubara

ini dipakai untuk PLTU, abu yang ada akan terpisah menjadi abu dasar (20%) yang terkumpul di dasar tungku dan abu terbang (80%) yang akan keluar melalui cerobong asap. Semakin tinggi kandungan abu dan tergantung komposisinya, akan mempengaruhi tingkat pengotoran udara apabila abu sampai terlepas ke atmosfer, menyebabkan pula terjadi keausan atau korosi pada peralatan yang dilaluinya.

Abu merupakan kotoran yang tidak akan terbakar. Kandungannya berkisar antara 5% hingga 40%. Pengaruh kandungan abu pada batubara, yaitu :

- Mengurangi kapasitas *handling* dan pembakaran ;
- Meningkatkan biaya *handling* ;
- Mempengaruhi efisiensi pembakaran dan efisiensi *boiler* ;
- Menyebabkan penggumpalan dan penyumbatan.

Komponen analisis proksimat lainnya adalah menghitung kandungan abu.

Secara garis besar sama dengan menghitung kandungan air bawaan, tetapi suhu yang digunakan adalah lebih tinggi. Panggang *sample* dengan suhu 500°C selama 30 menit, lalu naikan suhu menjadi 750°C kemudian diamkan hingga 1,5 jam. Setelah selesai, dengan menggunakan rumus di bawah ini akan didapat persentase kandungan abu pada *sample* batubara tersebut.

$$\% \text{ Ash} = \frac{M3 - M4}{M2 - M1} \times 100\%$$

Keterangan :

*Ash* = *Ash Content* (%) kadar abu

M1 = Berat wadah

M2 = Berat wadah + *sample* sebelum pemanasan

M3 = Berat wadah + *sample* setelah pemanasan

M4 = Berat wadah bersih setelah pemanasan

Ataupun *ash content* dapat dihitung dengan :

$$A_{ad} = \text{Ash} / \text{Coal} \times 100$$

Keterangan :

$A_{ad}$  = Ash Content (%)

Ash = Weight of ash (gram)

Coal = Weight of coal sample (gram)

#### 4. Sulfur Content (Kandungan Belerang)

Belerang yang terdapat dalam batubara dibedakan menjadi 2 yaitu dalam bentuk senyawa anorganik dan senyawa organik. Belerang dalam bentuk senyawa anorganik dapat dijumpai dalam bentuk mineral pirit ( $\text{FeS}_2$  bentuk kristal kubus), markasit ( $\text{FeS}_2$  bentuk kristal orthorombik), atau dalam bentuk sulfat. Mineral pirit dan markasit sangat umum terbentuk pada kondisi sedimentasi rawa (*reduktif*). Dalam proses pembakaran, *sulfur* organik dan sebagian dari *sulfur* pirit akan teroksidasi menjadi  $\text{SO}_2$  dan sebagian lagi menjadi  $\text{SO}_3$ .  $\text{SO}_2$  bila beraksi dengan uap air dalam pembakaran dapat membentuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Belerang organik terbentuk selama terjadinya proses *coalification*. Belerang organik yang terdapat dalam batubara dapat dioksidasi membentuk sulfat. Keberadaan *sulfur* dalam batubara akan berpengaruh terhadap tingkat korosi sisi dingin (sisi luar) yang terjadi pada elemen pemanas udara (terutama apabila suhu kerja lebih rendah dari letak embun *sulfur*), juga berpengaruh terhadap efektivitas peralatan penangkapan abu (*electrostatic precipitator*). Adanya kandungan *sulfur*, baik dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik di atmosfer dipicu oleh keberadaan air hujan mengakibatkan terbentuk air asam (dalam dunia pertambangan batubara dikenal sebagai air asam tambang, dengan  $\text{PH} < 7$ ).

Pada umumnya kandungan *sulfur* berkisar pada 0,5 hingga 0,8%. Pengaruh kandungan *sulfur* pada batubara, yaitu :

- Mempengaruhi kecenderungan terjadinya penggumpalan dan penyumbatan ;
- Mengakibatkan korosi pada cerobong dan peralatan lain seperti pemanas udara dan *economizers* ;
- Membatasi suhu gas buang yang keluar.

#### 5. *Volatile Matter*

Kandungan *volatile matter*, berkaitan dengan proses pematubaraan. Akibat adanya *overburden pressure*, kandungan air dalam batubara akan berkurang, sebaliknya semakin mengecilnya kandungan air, *calorific value* akan meningkat. Pada saat yang bersamaan batubara akan mengalami proses *devolatisation*. Semua sisa oksigen, hidrogen, *sulfur*, nitrogen berkurang sehingga kandungan *volatile matter* mengecil. Kandungan *volatile matter* mempengaruhi kesempurnaan pembakaran intensitas nyala api. Kesempurnaan pembakaran ditentukan oleh nilai *fixed carbon*. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, maka karbon yang tidak terbakar semakin banyak. Hubungan antara *fuel ratio*, *fixed carbon*, dan *volatile matter* adalah sebagai berikut :

$$\text{Fuel Ratio} = \frac{\text{Fixed carbon}}{\text{Volatile matter}}$$

Kandungan zat terbang sangat erat kaitannya dengan kelas batubara tersebut, makin tinggi kandungan zat terbang makin rendah kelasnya. Pada pembakaran batubara, maka kandungan zat terbang yang tinggi akan lebih mempercepat pembakaran karbon padatnya dan sebaliknya zat terbang yang rendah lebih mempersukar proses pembakaran.

Bahan yang mudah menguap dalam batubara adalah metan, hidrokarbon, hidrogen, karbon monoksida, dan gas-gas yang tidak mudah terbakar, seperti karbon dioksida dan nitrogen. Bahan yang mudah menguap merupakan indeks dari kandungan bahan bakar bentuk gas di dalam batubara. Kandungan bahan yang mudah menguap berkisar antara 20 hingga 35%. Pengaruh bahan yang mudah menguap pada batubara, yaitu:

- Membantu dalam memudahkan penyalaan batubara ;
- Mengatur batas minimum pada tinggi dan volum tungku ;
- Mempengaruhi kebutuhan udara sekunder dan aspek-aspek distribusi ;
- Mempengaruhi kebutuhan minyak bakar sekunder.

Perhitungan kandungan zat terbang pada batubara yaitu menggunakan 1 gram *sample* batubara, namun pembakaran dilakukan dengan suhu 900°C selama 7 menit dan tanpa kontak udara (*ventilasi oven/furnace* ditutup). Setelah selesai, gunakan rumus di bawah ini untuk menghitung persentase zat terbang batubara tersebut.

$$\% \text{ VM} = \frac{M2-M3}{M2-M1} \times 100\%$$

Keterangan :

VM = *Volatile Matters* (%) Zat terbang

M1 = Berat wadah

M2 = Berat wadah + *sample* sebelum pemanasan

M3 = Berat wadah + *sample* setelah pemanasan

#### 6. *Fixed Carbon*

Didefinisikan sebagai material yang tersisa, setelah berkurangnya *moisture*, *volatile matter*, dan *ash*. Makin berkurang kandungan air berarti *moisture content* makin kecil, nilai *fixed carbon* makin tinggi. *Fixed carbon* merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah

menguap didistilasi. Kandungan utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung hidrogen, oksigen, *sulfur* dan nitrogen yang tidak terbawa gas. *Fixed carbon* memberikan perkiraan kasar terhadap nilai panas batubara. Untuk mencari karbon tertambat atau (*fixed carbon*) dapat menggunakan rumus berikut :

$$\% \text{ FC} = 100\% - (\text{IM} + \text{AC} + \text{VM}) \times 100\%$$

FC = *Fixed Carbon*, %

IM = *Inherent Moisture*, %

AC = *Ash Content*, %

VM = *Volatile Matters*, %

### 3.4 Basis Pelaporan Hasil Analisis

Pada pengujian *sample* batubara dikenal dengan istilah *basis*. *Basis* digunakan sebagai persepsi umum yang luas, sehingga penjual dan pembeli batubara memahami terhadap nilai hasil pengujiannya. *Basis* dalam analisis batubara terdiri dari lima macam dengan penggunaan yang dapat berhubungan apabila dikonversi. *Basis* data tersebut yaitu ar, adb, db, daf, dan dmmf.

#### 1. As Received Basis (ar)

Pada *basis* ar ini mengikutsertakan air yang menempel pada batubara yang diakibatkan oleh hujan, proses pencucian batubara, maupun penyemprotan ketika di *stockpile*. Sehingga, pada analisis *basis* ini seluruhnya memasukkan kadar air total dari *sample* yang diuji. Pada pengujian dengan *basis* ini dilakukan apabila batubara dalam keadaan basah.

#### 2. Air Dried Basis (adb)

Pada *basis* adb ini *sample* batubara yang dianalisis ditempatkan pada udara terbuka, kadar air totalnya secara perlahan akan mencapai keseimbangan dengan kelembaban udara.

### 3. *Dried Basis (db)*

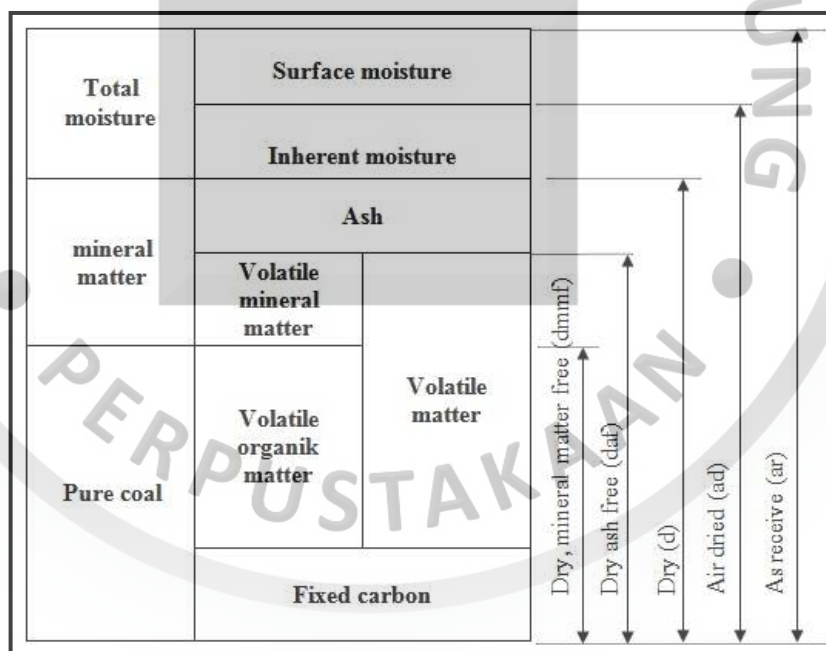
Pada basis db ini dapat diartikan bahwa hasil pengujian dan analisis menggunakan *sample* uji yang telah dikeringkan di udara terbuka, maka kadar air permukaan dan kadar air bawaannya bernilai 0.

### 4. *Dried Ash Free Basis (daf)*

Pada basis daf ini dapat diartikan bahwa kondisi pengujian *sample* batubara tidak mengandung air dan abu sama sekali.

### 5. *Dried Mineral Matter Free Basis (dmmf)*

Pada basis dmmf ini dapat diartikan bahwa *pure coal basis* yang berarti bahwa batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air, abu, serta zat mineral lain.



Sumber : Muchjidin, 2006

**Gambar 3.2**  
**Hubungan Antara Basis Analisis Kualitas Batubara**

## 3.5 Pengambilan *Sample* (*Sampling*)

*Sampling* secara umum dapat didefinisikan sebagai “Suatu proses pengambilan sebagian kecil contoh (*sample*) dari suatu material sehingga

karakteristik contoh material tersebut mewakili keseluruhan material". Di dalam industri pertambangan batubara, *sampling* merupakan hal yang sangat penting, karena merupakan proses yang sangat vital dalam menentukan karakteristik batubara tersebut. Dalam tahap eksplorasi, karakteristik batubara merupakan salah satu penentu dalam studi kelayakan apakah batubara tersebut cukup ekonomis untuk ditambang atau tidak. Begitu pun dalam tahap produksi dan pengapalan atau penjualan batubara tersebut karakteristik dijadikan acuan dalam menentukan harga batubara. Secara garis besar *sampling* dibagai menjadi 4 golongan dilihat dari tempat pengambilan di mana batubara berada dan tujuannya yaitu: *Exploration sampling*, *Pit sampling*, *Production sampling*, dan *loading sampling (barging dan transshipment)*. *Exploration sampling* dilakukan pada tahap awal pendeteksian kualitas batubara baik dengan cara *channel sampling* pada *outcrop* atau lebih detail lagi dengan cara pemboran atau *drilling*. Tujuan dari *sampling* di tahap ini adalah untuk menentukan karakteristik batubara secara global yang merupakan pendeteksian awal batubara yang akan dieksploitasi.

*Pit sampling* dilakukan setelah eksplorasi bahkan bisa hampir bersamaan dengan proses penambangan di dalam satu *pit* atau blok penambangan dengan tujuan lebih mendetailkan data yang sudah ada pada tahap eksplorasi. *Pit sampling* ini dilakukan oleh *pit control* untuk mengetahui kualitas batubara yang segera akan ditambang, jadi lebih ditujukan untuk mengontrol kualitas batubara yang akan ditambang dalam jangka waktu *short term*. *Pit sampling* ini juga dapat dilakukan dengan pemboran juga dengan *channel* pada *front* penambangan kalau diperlukan untuk mengecek kualitas batubara yang dalam proses ditambang.

*Production sampling* dilakukan setelah batubara diproses di *processing plant* di mana proses ini dapat merupakan penggilingan (*crushing*) pencucian (*washing*), penyetakan dan lain-lain. Tujuannya adalah mengetahui secara pasti kualitas



batubara yang akan di jual atau dikirim ke pembeli supaya kualitasnya sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dan telah disepakati oleh kedua belah pihak. Dengan diketahuinya kualitas batubara di *stockpile* atau di penyimpanan sementara kita dapat menentukan batubara yang mana yang cocok untuk dikirim ke *buyer* tertentu dengan spesifikasi batubara tertentu pula. Dengan cara *blending* batubara yang ada di *stockpile* ataupun dengan *single source* dengan memilih kualitas yang sesuai.

*Loading Sampling* dilakukan pada saat batubara dimuat dan dikirim ke pembeli baik menggunakan *barge* maupun menggunakan kapal. Biasanya dilakukan oleh *independent company* karena kualitas yang ditentukan harus diakui dan dipercaya oleh penjual (*shipper*) dan pembeli (*buyer*). Tujuannya adalah menentukan secara pasti kualitas batubara yang dijual yang nantinya akan menentukan harga batubara itu sendiri karena ada beberapa parameter yang sifatnya fleksibel sehingga harganya pun fleksibel tergantung kualitas aktual pada saat batubara dikapalkan.

*Sample* pada ROM, *stockpile*, dan Gerbong Kereta Api diambil secara manual. Banyaknya *increment* yang diambil sesuai dengan persamaan :

$$INC = 35(ASM) \times \sqrt{(\text{cargo dalam ton}) / 1000 (\text{raw coal} / \text{batubara kasar})}$$

*Sampling*, preparasi dan analisa *sample* batubara dengan berbagai tujuan seperti telah dijelaskan di atas, dilakukan dengan menggunakan standar-standar yang telah ada. Di mana pemilihannya tergantung keperluannya, biasanya tergantung permintaan pembeli atau calon pembeli batubara.

### 3.6 Statistika

Statistika adalah ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan cara-cara pengumpulan data, pengolahan serta penganalisisannya, penarikan kesimpulan serta pembuatan keputusan yang cukup beralasan berdasarkan fakta yang ada (Gasperz 1989:20). Metode-metode dalam statistika yaitu mengumpulkan data,

mengorganisasi, menyimpulkan, menyajikan, menganalisa data dan menarik kesimpulan berdasarkan analisis sehingga keputusannya dapat diterima. Dikutip dari (ISO 9411-1 : 1994, *Solid mineral fuels-mechanical sampling from moving means streams-Part 1 : Coal*). Statistik yang sering digunakan dalam pengambilan *sample* batubara antara lain : statistika deskriptif, *paired comparison (t- test)*, *camparison of means*, *comparison of variance (f-test)*, *Korelasi*, dan *Regresi* .

### 3.6.1 Statistika Deskriptif

Statistika Deskriptif merupakan suatu teknik di mana dilakukan pengambilan data, penyajian data tanpa adanya kesimpulan. Cara-cara penyajian data (histogram, distribusi frekuensi dan lain-lain), menentukan lokasi atau ukuran kecenderungan (mean, median, modus, akar mean, kuadrat, desil, persentil dan kuartil) serta ukuran deviasi (simpangan kuartil, rentang, simpangan baku, mean absolut simpang, *variansi*). (Sugiarto : 357).

### 3.6.2 Paired Comparison (t-test)

Uji-t dua *sample* independen (*Independent Sample t-Test*) digunakan untuk membandingkan selisih dua rata-rata (mean) dari dua *sample* yang idenpenden dengan asumsi data berdistribusi normal. Menurut (Sugiyono, 2005), untuk melakukan uji beda terdapat beberapa rumus t-test yang digunakan untuk pengujian, dan berikut ini memberikan pedoman penggunaannya : Bila jumlah *sample*  $n_1 = n_2$ , dan *varians* homogen) maka dapat digunakan rumus t-test baik untuk *Separated* maupun *Pooled varians*. Untuk melihat harga  $t_{tabel}$  digunakan  $dk = n_1 + n_2 - 2$ . Bila  $n_1 \neq n_2$ , *varians* homogen, dapat digunakan dengan *Pooled varians* dengan derajat kebebasan ( $dk$ ) =  $n_1 + n_2 - 2$ . Bila  $n_1 = n_2$ , *varians* tidak homogen, dapat digunakan dengan *Separated* dan *Pooled varians*. Dengan  $dk = n_1 - 1$  atau  $n_2$  jadi  $dk$  bukan +  $n_2 - 2$ . Bila  $n_1 \neq n_2$  dan *varians* tidak homogen. Untuk ini digunakan t-test dengan

*Separated varians*. Harga  $t$  sebagai pengganti  $t$ -tabel dihitung dari selisih harga  $t_{\text{tabel}}$  dengan  $dk (n_1 - 1)$  dan  $dk (n_2 - 1)$  dibagi dua, dan kemudian ditambahkan dengan harga  $t$  yang terkecil.

### 3.6.3 *Comparison Of Variance*

Analisis *variens* (*analysis of variance, ANOVA*) adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Analisis *variens* pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, bapak statistika modern. Dalam praktik, analisis *variens* dapat merupakan uji hipotesis (lebih sering dipakai) mau pun pendugaan (*estimation*, khususnya di bidang genetika terapan). Dalam *analysis of variance* hanya satu hipotesis yang digunakan yaitu hipotesis dua arah (*two tail*). Artinya hipotesis ini yaitu apakah ada perbedaan rata-rata antara kedua populasi. Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis *variens* (*anova*):

1. Data berdistribusi normal, karena pengujiannya menggunakan uji F-Snedecor.
2. *Variens* atau ragamnya homogen, dikenal sebagai homoskedastisitas, karena hanya digunakan satu penduga (*estimate*) untuk *variens* dalam contoh.
3. Masing-masing contoh saling bebas, yang harus dapat diatur dengan perancangan percobaan yang tepat.
4. Komponen-komponen dalam modelnya bersifat aditif (saling menjumlah).

### 3.6.4 *Korelasi*

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi /hubungan (*measures of association*). Korelasi terdiri atas Korelasi *Pearson Product Moment* dan Korelasi *Rank Spearman*. Pengukuran asosiasi mengenakan nilai *variable* untuk mengetahui tingkatan asosiasi atau kekuatan hubungan antara *variable*. Dua *variable* dikatakan berasosiasi jika perilaku *variable* yang satu mempengaruhi *variable* yang lain. Jika tidak terjadi pengaruh, maka kedua *variable* tersebut disebut independen. Korelasi bermanfaat untuk

mengukur kekuatan hubungan antara dua *variable* dengan skala-skala tertentu, misalnya *Pearson* data harus berskala interval atau rasio; *Spearman* dan *Kendal* menggunakan skala ordinal. Kuat lemah hubungan diukur menggunakan jarak (*range*) 0 sampai dengan Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefisien korelasi ditemukan positif; sebaliknya jika nilai koefisien korelasi *variable*, korelasi disebut tidak searah.

Koefisien korelasi atau *Pearson Correlations* memiliki nilai paling kecil -1 dan paling besar 1. Berkaitan dengan besaran angka ini, jika 0 maka artinya tidak ada korelasi sama sekali sementara jika korelasi 1 berarti ada korelasi sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa semakin nilai *Pearson Correlations* mendekati 1 atau -1 maka hubungan antara dua *variable* adalah semakin kuat. Sebaliknya jika nilai *Pearson correlation* mendekati 0 berarti hubungan dua *variable* menjadi semakin lemah. Jika angka korelasi di atas 0,5 maka menunjukkan korelasi yang cukup kuat sedangkan jika di bawah 0,5 maka menunjukkan korelasi yang lemah.

### 3.6.5 Regresi Linier

Regresi Linear adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara *Variable* Faktor Penyebab (X) terhadap *Variable* Akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan *Predictor* sedangkan *Variable* Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan *Response*. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (*Simple Linear Regression*) juga merupakan salah satu Metode Statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun kuantitas. Namun kenyataannya hubungan antar *variable* bebas dan *variable* terikat jarang sekali sesederhana itu. Biasanya banyak faktor atau dalam hal ini kita sebut banyak *variable* bebas yang menentukan

atau dapat mempengaruhi *variable* terikat. Untuk kasus demikian maka akan diselesaikan dengan Regresi linier Berganda.

Model persamaan regresi linier sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

$Y$  = *Variable Response* atau *Variable* akibat (*Dependent*)

$X$  = *Variable Predictor* atau *Variable* faktor penyebab (*Independent*)

$a$  = Konstanta

$b$  = koefisien regresi ; besaran *Response* yang ditimbulkan oleh *Predictor*.

Nilai-nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung dengan menggunakan Rumus di bawah ini :

$$a = \frac{(\Sigma y) (\Sigma x^2) - (\Sigma x) (\Sigma xy)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x) (\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

#### 1. Cara Menghitung Koefisien Determinasi Regresi Linier

Dalam regresi linier, koefisien determinasi ( $r^2$ ) diartikan sebagai ukuran kemampuan semua *variable* bebas dalam menjelaskan varians terikat. Karena koefisien determinasi ( $r^2$ ) merupakan kuadrat dari koefisien korelasi ( $r$ ) maka dapat rumus koefisien determinasi ( $r^2$ ) sama dengan rumus koefisien korelasi ( $r$ ) yang dipangkatkan.

$$r^2 = \left[ \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2 \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2}} \right]^2$$

Misalkan jika diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar 0.92 maka koefisien determinasinya adalah 0.85 didapat dari  $(0.92)^2$ . Artinya, kemampuan *variable* bebas dalam menjelaskan varian-varian *variable* terikatnya sebesar 85% atau

masih terdapat sekitar 15% variasi *variable* terikat yang dijelaskan oleh faktor lain.

## 2. Konsep Dasar Analisis Regresi Linier Berganda

- Analisis regresi berganda bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dua atau lebih *variable* bebas (X) terhadap *variable* terikat (Y).
- Uji t bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh parsial (sendiri) yang diberikan *variable* bebas (X) terhadap *variable* terikat (Y).
- Uji F bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh simultan (Bersama-sama) yang diberikan *variable* bebas (X) terhadap *variable* terikat (Y).
- Koefisien determinasi berfungsi untuk mengetahui berapa persen pengaruh yang diberikan *variable* X secara simultan terhadap *variable* Y.

## 3. Dasar Pengambilan Keputusan

### a. Uji t

- 1) Jika nilai sig < 0,05 atau t hitung > t tabel, maka terdapat pengaruh *variable* X terhadap *variable* Y.
- 2) Jika nilai sig > 0,05 atau t hitung < t tabel, maka tidak terdapat pengaruh *variable* X terhadap *variable* Y.

### b. Uji F

- 1) Jika nilai sig < 0,05 atau Fhitung > Ftabel, maka terdapat pengaruh *variable* X terhadap *variable* Y.
- 2) Jika nilai sig > 0,05 atau Fhitung < Ftabel, maka tidak terdapat pengaruh *variable* X terhadap *variable* Y.

### 3.7 Manajemen Penimbunan

Manajemen timbunan batubara sangat penting untuk diperhatikan karena hal ini berkaitan erat dengan masalah pemeliharaan batubara yang ditimbun di *stockpile*.

#### 3.7.1 Syarat Teknis Penimbunan

Pelaksanaan penimbunan dan pembongkaran yang dilakukan harus dapat dilakukan pengaturan penimbunan atau pembongkaran yang baik. Hal ini untuk menghindari terjadinya penimbunan yang melebihi kapasitas penimbunan. Dalam hal ini perlu diperhatikan teknis penimbunannya.

1. Batubara

Batubara sebagai salah satu syarat teknis penimbunan juga harus diperhatikan. Kondisi batubara yang berpengaruh adalah sebagai berikut.

- a. Ukuran butir ;
- b. Batubara yang ditimbun diusahakan sejenis.

2. Keadaan Tempat Penimbunan

Keadaan tempat timbunan yang berpengaruh terhadap syarat teknis penimbunan adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan lantai timbunan ;
- b. Area penimbunan yang bersih ;
- c. Penangkal angin atau *wind shield* ;
- d. Sumber air bertekanan tinggi ;
- e. Saluran air di sekeliling *stockpile* ;
- f. Posisi timbunan.

#### 3.7.2 Pola Penimbunan

Sistem penimbunan memiliki dua metode yaitu metode penimbunan terbuka (*open stockpile*) dan metode penimbunan tertutup (*coverage storage*). Penimbunan yang umum dilakukan di dalam kegiatan pertambangan adalah dengan metode

penimbunan terbuka (*open stockpile*). *Open stockpile* atau *stockpile* terbuka adalah tempat penumpukan material diatas permukaan tanah secara terbuka dengan ukuran sesuai tujuan dan proses yang digunakan. Pola penimbunan antara lain sebagai berikut.

- a. *Cone ply* merupakan pola dengan bentuk kerucut pada salah satu ujungnya sampai tercapai ketinggian yang dikehendaki dan dilanjutkan menurut panjang *stockpile*. Pola ini menggunakan alat curah, seperti *stacker reclaimer*.
- b. *Chevron* merupakan pola dengan menempatkan timbunan satu baris material, sepanjang *stockpile* dan tumpukan dengan cara bolak balik hingga mencapai ketinggian yang diinginkan. Pola ini baik untuk alat curah seperti *belt conveyor* atau *stacker reclaimer*.
- c. *Chevcon* merupakan pola penimbunan dengan kombinasi antara pola penimbunan *chevron* dan pola penimbunan *cone ply*.
- d. *Windrow* merupakan pola dengan tumpukan dalam baris sejajar sepanjang lebar *stockpile* dan diteruskan sampai ketinggian yang dikehendaki tercapai. Umumnya alat yang digunakan adalah *backhoe*, *bulldozer*, dan *loader*.

### 3.7.3 Penanganan Timbunan Batubara

Hal-hal yang perlu dilakukan dalam penanganan timbunan batubara diantaranya yaitu:

- a. Mengurangi ketinggian *stockpile* ;
- b. Pemadatan timbunan ;
- c. Mengurangi sudut timbunan batubara ;
- d. Menambahkan *Additive* pada saat pembongkaran ;
- e. Pemantauan suhu timbunan pada *stockpile* ;
- f. Melakukan Manajemen FIFO (*First In First Out*).