

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Batubara**

Batubara merupakan padatan heterogen yang berasal dari timbunan fosil tumbuh-tumbuhan yang mengalami proses metamorfosis selama jutaan tahun. Variasi kondisi yang dialami oleh batubara menyebabkan kompleksitas pada komponen penyusun maupun sifat batubara. Seperti umumnya bahan-bahan yang terdapat di alam, batubara tidak pernah terdapat dalam keadaan murni tetapi selalu tercampuri bahan-bahan atau senyawa-senyawa lain seperti mineral, senyawa nitrogen, senyawa-senyawa oksigen atau senyawa-senyawa pengotor yang mengandung sulfur (Sodikin, 2010).

Batubara merupakan senyawa yang mempunyai berat molekul tinggi dan mempunyai struktur senyawa yang sangat kompleks. Sebagian besar substansi penyusun batubara merupakan senyawa organik. Selain itu terdapat pula sejumlah senyawa anorganik dalam bentuk senyawa makromolekul kompleks yang tersusun atas sub-sub unit molekul. Sub unit tersebut merupakan gabungan beberapa cincin aromatik, karbon siklik dan hetero atom, misalnya oksigen terutama dalam bentuk hidroksil (OH), gugus karbonil (C=O), gugus karboksil (-COOH), dan eter (R-O-R). Sebagian besar sulfur terdapat dalam bentuk gugus thiol (-SH) dan gugus ester (R-COOR'). Nitrogen umumnya sebagai gugus amina (-NH<sub>2</sub>), gugus amida, pirol dan piridin. Hidrogen umumnya terdapat dalam bentuk senyawa alifatik dan siklik.

Batubara secara mikroskopik tersusun dari sejumlah komponen organik yang berlainan karakteristiknya yang disebut maseral. Selain itu ditemukan pula komponen anorganik yang disebut mineral. Maseral tersusun dari organ atau jaringan tanaman asal selama penimbunan sampai tahap permulaan penghancuran secara biokimia dan tahap permulaan pematangan pada pembentukan batubara. Umumnya maseral setelah terbentuk mengalami perubahan fisik dan kimia dengan kenaikan peringkat batubara.

### 2.1.1 Proses Pembentukan Batubara

Batubara yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan memiliki faktor-faktor yang mempengaruhi proses terbentuknya batubara tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain:

#### A. Posisi Geotektonik

Posisi geotektonik yang dapat mempengaruhi proses pembentukan suatu lapisan batubara dari :

- 1) Tekanan yang dihasilkan oleh proses geotektonik dan menekan lapisan batubara yang terbentuk.
- 2) Struktur dari lapisan batubara tersebut, yakni bentuk cekungan stabil, lipatan, atau patahan.
- 3) Intrusi magma, yang akan mempengaruhi dan/atau merubah grade dari lapisan batubara yang dihasilkan.

#### B. Lingkungan Pengendapan

Lingkungan pengendapan merupakan lingkungan saat proses sedimentasi dari material dasar menjadi material sedimen. Lingkungan pengendapan ini sendiri dapat ditinjau dari beberapa aspek sebagai berikut:

- 1) Struktur cekungan batubara, yakni posisi di mana material dasar diendapkan. Strukturnya cekungan batubara ini sangat berpengaruh pada kondisi dan posisi geotektonik.
- 2) Topografi dan morfologi, yakni bentuk dan kenampakan dari tempat cekungan pengendapan material dasar. Topografi dan morfologi cekungan pada saat pengendapan sangat penting karena menentukan penyebaran rawa-rawa di mana batubara terbentuk. Topografi dan morfologi dapat dipengaruhi oleh proses geotektonik.
- 3) Iklim, yang merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pembentukan batubara karena dapat mengontrol pertumbuhan flora atau tumbuhan sebelum proses pengendapan. Iklim biasanya dipengaruhi oleh kondisi topografi setempat.

Lingkungan pengendapan batubara ditinjau dari segi tempat terbentuknya batubara, terdapat dua macam teori yang menjelaskan tempat terbentuknya batubara:

#### 1) Teori Insitu

Teori ini mengatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terbentuk ditempat dimana tumbuh-tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian, setelah tumbuhan mati, belum mengalami proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses coalification.

#### 2) Teori Drift

Teori ini menyebutkan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi ditempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan berakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses coalification.

### C. UmurGeologi

Umur geologi merupakan skala waktu (dalam jutaan tahun) yang menyatakan berapa lama material dasar yang diendapkan mengalami transformasi. Untuk material yang diendapkan dalam skala waktu geologi yang panjang, maka proses dekomposisi yang terjadi adalah fase lanjut dan menghasilkan batubara dengan kandungan karbon yang tinggi.

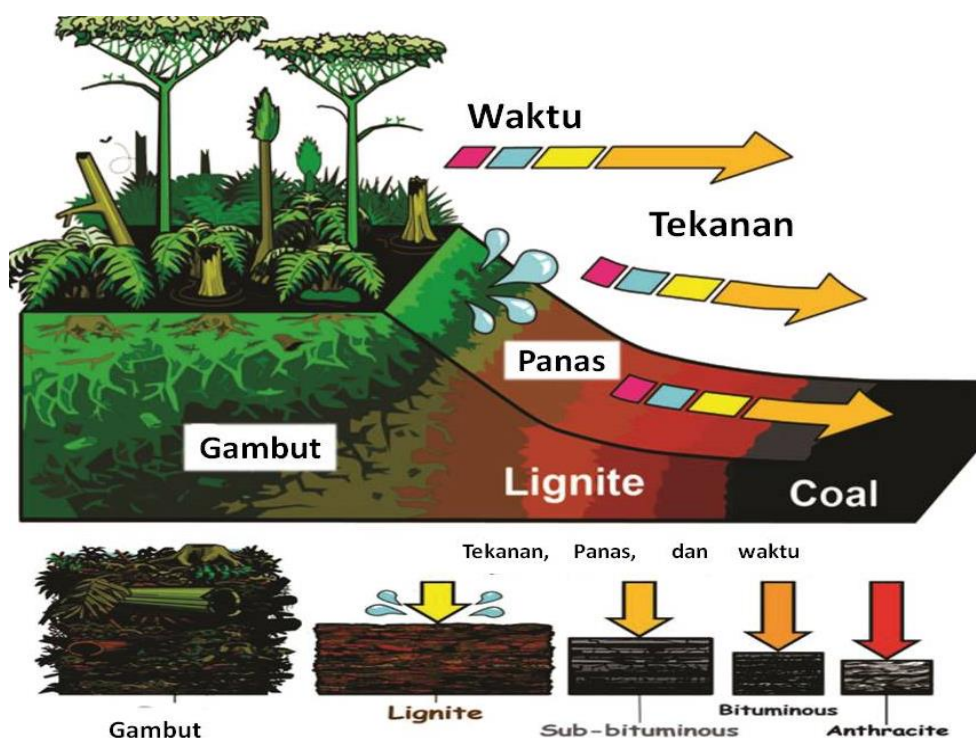
### D. Evolusi Perkembangan Flora

Flora atau tumbuhan yang tumbuh beberapa juta tahun yang lalu, yang kemudian terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu. Jenis dari flora sendiri amat sangat berpengaruh terhadap tipe dari batubara yang terbentuk.

### E. Dekomposisi

Dekomposisi merupakan proses transformasi biokimia dari material dasar pembentuk batubara menjadi batubara. Dalam proses ini, sisa tumbuhan yang terendapkan akan mengalami perubahan baik secara fisika maupun kimia.

Faktor tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan zaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (sedimentasi) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung inilah yang telah menyebabkan terbentuknya batubara yang jenisnya bermacam-macam. Oleh karena itu, karakteristik batubara yang berbeda-beda sesuai dengan lapangan batubara (coal field) dan lapisannya (coal seam) dipengaruhi oleh faktor-faktor pembentuk batubara tersebut.



Gambar 2.1 Proses Pembentukan Batubara

Sumber: google.com

Dalam proses pembentukan batubara, terdapat 2 proses utama yang berperan, yaitu proses penggabutan (*peatification*) dan pembatubaraan (*coalification*).

#### A. Penggabutan (*Peatification*)

Gambut adalah sedimen organik yang dapat terbakar, berasal dari tumpukan hancuran atau bagian dari tumbuhan yang terhumifikasi dan dalam kondisi tertutup udara (dibawah air), tidak padat, memiliki kandungan air lebih dari 75% (berat) dan kandungan mineral lebih kecil dari 50% dalam kondisi kering (Anggayana, 2000).

Proses penggabutan ini merupakan tahap paling awal dari proses pembentukan batubara, meliputi proses mikrobial dan perubahan kimia (biochemical). Faktor yang sangat penting dalam proses ini adalah keberadaan air dan mikro-organisme (bakteri). Tumbuhan tersusun dari berbagai unsur, yaitu C, H, O dan N. Setelah tumbuhan mati, terjadi proses degradasi biokimia. Tumbuhan akan mengalami pembusukan, yang kemudian diuraikan oleh mikro-organisme, memotong ikatan kimia sehingga menjadi humus. Dalam keadaan melimpahnya oksigen dan jumlah bakteriyang banyak, terjadi proses biokimia dimana semua unsur tumbuhan akan berubah yang berakibat lepasnya H, O, dan N dalam bentuk air dan  $\text{NH}_3$ , sebagian unsur C dalam bentuk gas  $\text{CO}_2$ , CO dan metan ( $\text{CH}_4$ ). Akan tetapi jika tumbuhan tertutup air atau terendam dengan cepat maka akan terhindar dari proses pembusukan, perubahan unsur pada tumbuhan tidak sempurna seluruhnya, sisa tumbuhan akan bertumpuk dan bereaksi menghasilkan gambut.

Pada tahap selanjutnya, proses penggabutan akan diikuti oleh proses pembatubaraan, meliputi proses geologi dan perubahan kimia (*geochemical*). Pada tahap ini bakteri tidak ikut berperan

#### B. Pembatubaraan (*Coalification*)

Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Selama proses perubahan gambut menjadi lignit, terjadi proses kenaikan temperatur dan penurunan porositas. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan kandungan airnya (*moisture content*) yang cepat. Kenaikan temperatur dan penurunan prositas ini diakibatkan oleh kompaksi yang dihubungkan dengan peningkatan tekanan *overburden* (pembebanan sedimen-sedimen di atasnya) dalam kurun waktu tertentu. Seiring peningkatan temperatur dan tekanan dalam waktugeologi, yang diantaranya disebabkan oleh adanya gradiengeothermal dan tekanan *overburden*, *brown coal* akan berubah menjadi batubara sub-bituminus dan bituminus. Selama proses pembatubaraan ini, persentase karbon (C) meningkat karena unsur H, O dan N didalamnya akan terlepas sebagai gas

O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Proses akhir pembatubaraan adalah terbentuknya batubara antrasit yang dicirikan oleh penurunan unsur H secara cepat.

### 2.1.2 Klasifikasi Menurut ASTM (1972)

Klasifikasi ini dikembangkan di Amerika oleh *Bureau of Mines* yang akhirnya dikenal sebagai klasifikasi menurut ASTM (*Amerika Society for Testing and Material*). Klasifikasi ini berdasarkan rank dari batubara itu atau berdasarkan derajat metamorphism-nya atau perubahan selama proses *coalifikasi* (mulai dari lignit hingga antrasit).

ASTM mengklasifikasikan batubara berdasarkan peringkat pembentukan batubara mulai dari lignit sampai antrasit. Batubara yang mempunyai kadar fixed carbon diatas 69% dmmf diklasifikasikan hight volatile A bituminous coal sampai dengan meta antrasit, sedangkan bila kadarkarbon tetap nya kurang dari 69% diklasifikasikan berdasarkan nilai kalor pada satuan BTU per pound dan diklasifikasikan dari lignit sampai hight volatile B bituminous coal.

Sebagai rujukan, rentang prosentase karbon tetap, prosentase zat terbang dan nilai kalor untuk berbagai peringkat batubara disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Peringkat Batubara Menurut ASTM

Kelas	Group	Batas karbon tetap (% dmmf)		Batas kandungan zat terbang (% dmmf)		Batas nilai kalor (Btu/lb, dmmf)	
		Sama atau lebih dari	Lebih kecil	Sama atau lebih dari	Lebih besar	Sama atau lebih dari	Lebih kecil
Antrasit	1. Meta-Antrasit	98	-	2	-	-	-
	2. Antrasit	92	98	8	2	-	-
	3. Semi Antrasit	86	92	14	8	-	-
Bituminus	1. Low Volatile	78	86	22	14	-	-
	2. Medium Volatile	69	78	31	22	-	-
	3. Hight Volatile A	-	69	-	31	14.000	-
	4. Hight Volatile B	-	-	-	-	13.000	14.000
	5. Hight	-	-	-	-	11.500	13.000

Volatile C							
Sub- Bituminus	1.Sub- Bituminus A	-	-	-	-	10.500	11.500
	2.Sub- Bituminus B	-	-	-	-	9.500	10.500
	3.Sub- Bituminus C	-	-	-	-	8.300	9.500
Lignit	1. Lignit A	-	-	-	-	6.300	8.300
	2. Lignit B	-	-	-	-	-	6.300

Sumber : ASTM D 388-91a

Dalam penentuan peringkat batubara dengan metoda ASTM, digunakan basis "dmmf" (*dry mineral matter free*), sementara semua analisisnya dalam basis "adb" (air dried basis), sehingga dalam menentukan peringkat batubara digunakan rumus konversi dari "adb" kedalam "dmmf". Konversi berdasarkan rumus parr (ASTM,1997) adalah sebagai berikut :

$$FC_{dmmf} = \frac{FC_{adb} - 0,15S_{adb}}{100 - (IM_{adb} + 1,08A_{adb} + 0,55S_{adb})} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

$$VM_{dmmf} = 100 - FC_{dmmf} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$CV_{mmf} = \frac{(CV_{adb} \times 1,8) - 50S_{adb}}{100 - (1,08A_{adb} - 0,55S_{adb})} \times 100 \text{ BTU/lb} \dots\dots\dots(2.3)$$

## 2.2 Klasifikasi Jenis Batubara

Berdasarkan rank pembentukan batubara dari rank tertinggi ke terendah yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas:

### 1. Antrasit

Antrasit adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, mengandung antara 86%-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.Biasanya digunakan untuk proses sintering bijih mineral, proses pembuatan elektroda listrik, pembakaran batu gamping, dan untuk pembuatan briket tanpa asap.batubara yang terjadi pada umur geologi yang paling tua.

Struktur kompak, berat jenis tinggi, berwarna hitam metalik, kandungan VCM rendah, kandungan abu dan air rendah, mudah ditepung. Kalau dibakar, hampir seluruhnya habis terbakar tanpa timbul nyala. Nilai kalor atas 8.300 kkal/kg.



Gambar 2.2 Antrasit

(sumber : [en.wikipedia.org/wiki/Anthracite](http://en.wikipedia.org/wiki/Anthracite))

Antrasit ( $C_{94}OH_3O_3$ ) dengan ciri :

- Warna hitam mengkilap
- Material terkompaksi dengan kuat
- Mempunyai kandungan air rendah
- Mempunyai kandungan karbon padat tinggi
- Mempunyai kandungan karbon terbang rendah
- Relatif sulit teroksidasi
- Nilai panas yang dihasilkan tinggi

## 2. Bituminus

Bituminus merupakan jenis batubara yang mengandung 68-86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Australia. Batubara ini masih dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a. Batubara ketel uap atau batubara termal atau yang disebut *steam coal*, banyak digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik, pembakaran umum seperti pada industri bata atau genteng, dan industri semen
- b. Batubara metalurgi (*metallurgical coal* atau *coking coal*) digunakan untuk keperluan industri besi dan baja serta industri kimiaterbentuk pada periode geologi "*carboniferous*" dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami karbonisasi. Nilai kalor 7.000-8.000 kkal/kg. Kandungan abu dan airnya rendah (5-10%). Kalau kandungan abunya tinggi, biasanya dipakai pada "steam power plant". Batubara yang berwarna hitam tidak bersifat higroskopis





Gambar 2.3 Bituminus

(sumber : [en.wikipedia.org/wiki/Bituminus](http://en.wikipedia.org/wiki/Bituminus))

### 3. Sub-bituminus

Batubara sub bituminous mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.



Gambar 2.4 Sub-bituminus

(Sumber : [en.wikipedia.org/wiki/Sub-Bituminous](http://en.wikipedia.org/wiki/Sub-Bituminous))

Subbituminous ( $C_{75}OH_5O_{20}$ ) – Bituminous ( $C_{80}OH_5O_{15}$ ) dengan ciri :

- Warna hitam
- Material sudah terkompaksi
- Mempunyai kandungan air sedang
- Mempunyai kandungan karbon padat sedang
- Mempunyai kandungan karbon terbang sedang
- Sifat oksidasi menengah
- Nilai panas yang dihasilkan sedang

### 4. Lignit atau batu bara coklat

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. Lignit adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari

beratnya, terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami karbonisasi ataupun akan kandungan C di bawah lapisan tanah dalam jangka waktu yang lama.



Gambar 2.5 Lignit  
(sumber : [en.wikipedia.org/wiki/Lignite](http://en.wikipedia.org/wiki/Lignite))

Lignit/ brown coal, ( $C_{70}OH_5O_{25}$ ) dengan ciri :

- Warna kecoklatan
- Material terkompaksi namun sangat rapuh
- Mempunyai kandungan air yang tinggi ( bersifat higroskopis ) dan kadar N, O, VCM, S tinggi
- Mempunyai kandungan karbon padat rendah
- Mempunyai kandungan karbon terbang tinggi
- Mudah teroksidasi
- Nilai panas yang dihasilkan rendah
- Nilai kalor bawahsekitar 1.500-4.500 kkal/kg.

#### 5. Gambut

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). Jenis gambut berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.



Gambar 2.6 Gambut

Peat/ gambut, (C<sub>60</sub>H<sub>6</sub>O<sub>34</sub>) dengan sifat :

- Warna coklat
- Material belum terkompaksi
- Mempunyai kandungan air yang sangat tinggi
- Mempunyai kandungan karbon padat sangat rendah
- Mempunyai kandungan karbon terbang sangat tinggi
- Sangat mudah teroksidasi
- Nilai panas yang dihasilkan amat rendah
- Kandunganabunya tergantung pada lumpur rawa. Bahan bersifat higroskopis.
- Kandungan airnyatergantug pada kondisi pengeringan, transportasi dan penyimpanan.

Nilai kalor bawahnya 1.700-3.000 kkal/kg

Tabel 2.2 Ranges Komposisi dan Karakteristik Jenis-Jenis Batubara

Kandungan	Antrasit	Bituminus	Sub-bituminus	Lignit
Kadar Air (%)	3-6	2-15	10-25	24-45
Zat Terbang (%)	2-12	15-45	28-45	24-32
Karbon Padat (%)	75-85	50-70	30-75	25-30
Abu (%)	4-15	4-15	3-10	3-15
Beleran (%)	0,5-2,5	0,5-6	0,3-1,	0,3-2,5
Hidrogen (%)	1,5-3,5	4,5-6	5,5-6,5	6-7,5
Karbon (%)	75-85	65-80	55-70	35-45
Nitrogen (%)	0,5-1	0,5-35	0,8-1,5	0,6-1
Oksigen (%)	5,5-9	4,5-10	15-30	38-48
Kalor (kkal/kg)	6.671-7.505	5.559-6.671	4.169-5.559	>4.169
Densitas (g/ml)	1,35-1,7	1,28-1,35	1,35-1,4	1,4-1,45

Sumber: Putranto, 2012

### 2.3 Susunan Kimia Batubara

Secara kimia, batubara tersusun atas tiga komponen utama yaitu:

1. Air yang terikat secara fisik yang terdiri dari dua jenis yaitu *inherent moisture* dan *adherent moisture*

2. Senyawa batubara atau *coal substance* atau *coal matter*, yaitu senyawa organik yang terutama terdiri atas atom karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen.
  3. Zat mineral atau mineral matter, yaitu macam-macam senyawa organik.
- Skema susunan batubara tersebut dapat dilukiskan pada gambar 2.7 berikut.

<b>Moisture</b>	<i>Inherent Moisture</i> <i>Adherrent Moisture</i>
<b>Mineral Matter</b>	<i>Ash (Inherent dan Adherent)</i> <i>Inorganic Volatile Matter</i> (Karbonat, Pirit)
<b>Coal Matter atau Coal Compound</b>	<i>Organic Volatile Matter</i> (Hidrokarbon, Sulfur Organik, dsb)  <i>Fixed Carbon</i>

Gambar 2.7. Skema Susunan Kimia Batubara  
Sumber: Muchjidin, 2006

#### A. Kadar Air Batubara (*Moisture content*)

*Moisture* batubara ialah air yang menguap dari batubara apabila dipanaskan sampai pada suhu 105–110°C. Terdapat dua jenis kandungan moisture dalam batubara yaitu *inherent moisture* (air bawaan) dan *adherent moisture* (air tambahan). (Muchjidin, 2013)

##### 1. *Inherent Moisture*

*Inherent moisture* ialah air yang secara fisik terikat di dalam rongga-rongga kapiler serta pori-pori batubara yang relatif kecil, serta mempunyai tekan uap air yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tekanan uap air yang terdapat pada permukaan batubara. Banyaknya jumlah *inherent moisture* dalam suatu batubara dapat dipergunakan sebagai tolok ukur tinggi rendahnya tingkat rank batubara

tersebut. Semakin tinggi nilai inherent moisture suatu batubara, semakin rendah tingkat rank batubara tersebut. Batubaraperingkat rendah umumnya mengandung inherent moisture yang sangat tinggi. Kadar air ini akan menurun dengan naiknya peringkat batubara, misalnya dari  $\pm 50\%$  untuk lignit sampai  $\pm 5\%$  untuk Bituminus. (Tsai,1992).

Dalam penentuan dengan menggunakan standar ASTM, inherent moisture sering disebut dengan istilah *equilibrium moisture (EQM)*, *residual moisture (RM)* dan *moisture in the analysis sample*. Sedangkan dalam standara ISO prosedur penentuannya disebut *moisture holding capacity (MHC)*, *moisture in air dried sample (MAD)* dan *moisture in the analysis sample*.

## 2. Adherent Moisture

*Adherent moisture* ialah air yang terdapat permukaan batubara atau di dalam pori-pori batubara yang relatif besar. Istilah *surface moisture* digunakan oleh *international standard (ISO)*, BS, AS sedangkan standar ASTM mempergunakan istilah *free moisture*. Oleh karena sebagian besar moisture ini terdapat pada permukaan batubara, maka semakin luas permukaan suatu batubara, semakin besar pula jumlah *surface moisture*-nya, ini berarti bahwa semakin halus suatu batubara, semakin besar pula *surface moisture*-nya.

Keberadaan *adherent moisture* pada batubara dimungkinkan terjadi dalam beberapa situasi, antara lain :

1. Bercampurnya air tanah dengan batubara pada waktu penambangan maupun pada kondisi asalnya di dalam tanah.
2. Taburan air hujan pada tumpukan batubara
3. Sisa-sisa air yang tertinggal pada permukaan batubara setelah proses pencucian.
4. Air yang disemprotkan untuk mengurangi debu pada tumpukan batubara.

Selain dua jenis moisture diatas, adapun istilah *Total Moisture* yang merupakan jumlah seluruh air yang terdapat pada batubara dalam bentuk inherent dan adherent pada kondisi saat batubara tersebut diambil contohnya (*as sampled*) atau pada pada kondisi saat batubara tersebut diterima (*as received*). Nilai total moisture diperoleh dari hasil perhitungan nilai *free moisture* dengan nilai *residual moisture*.

## B. Kadar Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang atau *volatile matter* merupakan senyawa organik atau anorganik yang hilang saat batubara yang telah dihilangkan kandungan airnya dipanaskan pada suhu tinggi pada waktu tertentu. Zat yang hilang ini sebagian besar terdiri dari gas yang mudah menguap bila dipanaskan, seperti hidrogen, karbon dioksida dan metana. Berdasarkan ASTM, kandungan zat terbang ditentukan dari selisih bobot sampel batubara sebelum dan sesudah dipanaskan dengan suhu 950°C selama 7 menit tanpa udara (Arif, 2014).

## C. Kadar Abu.

Kadar abu sering kali istilah dengan *mineral matter*. Mineral matter yang terdapat dalam batubara ada dua macam :

### 1. *Inherent mineral matter*

Terbentuk bersamaan dengan pembentukan batubara selama proses pembatubaraan dan merupakan bagian terintegral dari substansi batubara.

### 2. *Extraneous Mineral Matter*

Biasanya *extraneous mineral matter* ini berupa *slate, shale, clay* atau *lime stone* dan jumlahnya biasa dalam ukuran mikroskopik sampai berupa lapisan tebal dan *band*.

## D. Kadar Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)

Karbon tertambat merupakan banyaknya karbon yang tersisa setelah *moisture, volatile matter, dan ash* dihilangkan. Karbon tertambat menggambarkan sisa penguraian dari komponen organik batubara ditambah sedikit senyawa nitrogen, belerang, hidrogen, dan mungkin oksigen yang terserap atau bersatu secara kimiawi

### 2.3.1. Analisis Karakteristik Batubara

Analisis batubara dilakukan untuk mengetahui karakter dari batubara yang diteliti dan untuk menentukan klasifikasi berdasarkan ASTM, analisis ini meliputi:

#### A. Analisis Proksimat

Analisa proksimat batubara bertujuan untuk menentukan kadarkadar *moisture* (air dalam batubara). Kadar *moisture* ini mencakup pula nilai *free moisture*

serta *total moisture*, *ash* (abu), *volatile matters* (zat terbang), dan *fixed carbon* (karbon terlambat). *Moisture* ialah kandungan air yang terdapat dalam batubara sedangkan *ash* (abu) merupakan kandungan residu non-combustible yang umumnya terdiri dari senyawa-senyawa silika oksidasi ( $\text{SiO}_2$ ), dan kalsium dioksida ( $\text{CaO}$ ), karbonat, dan mineral-mineral lainnya. *Volatile matters* adalah kandungan batubara yang terbebaskan pada temperatur tinggi tanpa keadaan oksigen. *Fixed carbon* ialah kadar karbon tetap yang terdapat dalam batubara setelah *volatile matter* dipisahkan dengan batubara. Analisis proksimat meliputi kadar air, kadar abu, zat terbang dan karbon tertambat.

1. Kadar lengas dihitung dari persentase berat yang hilang apabila contoh batubara dipanaskan dalam oven pada suhu  $110\text{ }^\circ\text{C}$  sampai beratnya konstan, biasanya selama kurang lebih satu jam.
2. Analisis kadar abu batubara dilakukan dengan cara memanaskan contoh batubara dalam *muffle furnace* secara perlahan-lahan, dimulai dari suhu rendah sampai suhu  $250\text{ }^\circ\text{C}$  selama 30 menit, dari  $250\text{ }^\circ\text{C}$  sampai  $500\text{ }^\circ\text{C}$  selama 30 menit, kemudian dari  $500\text{ }^\circ\text{C}$  sampai  $815\text{ }^\circ\text{C}$  selama 60 menit. Pemanasan diteruskan sampai contoh sempurna menjadi abu. Berat contoh setelah diabukan dibagi berat contoh asal, dikali 100% adalah kadar abu.
3. Analisis kadar zat terbang dilakukan dengan cara memanaskan contoh batubara tanpa oksidasi dengan menggunakan cawan silika dalam furnace khusus untuk penentuan zat terbang, pada suhu  $900\text{ }^\circ\text{C}$  selama 7 menit. Kadar zat terbang dapat dihitung dari persentase kehilangan berat setelah pemanasan dan koreksi terhadap kadar air.
4. Kadar karbon tertambat merupakan karbon yang tertinggal sesudah kandungan air dan zat terbangnya hilang. Dengan adanya pengeluaran kandungan air dan zat terbang maka karbon tertambat secara otomatis akan naik, sehingga makin tinggi kandungan karbonnya kelas batubara makin baik.

#### B. Analisis Nilai Kalor

Nilai kalor batubara dianggap sebagai jumlah panas pembakaran dari material yang dapat terbakar seperti karbon, hydrogen dan sulfur ( dikurangi

panas dekomposisi dari *carbonaceous* material dan ditambah reaksi eksotermis atau dikurangi reaksi endotermis yang terjadi didalam pengotor ). Pada dasar (basis) dmmf, nilai kalor berhubungan langsung dengan komposisi substansi batubara dan peringkat batubara serta dapat diperkirakan dari analisis ultimat dengan keakuratan yang dapat dipertanggung jawabkan.

Analisis nilai kalor dilakukan dengan menggunakan alat Adiabatik Bomb Calorimeter. Contoh batubara dibakar dalam alat tersebut pada kondisi standar, panas hasil pembakaran dapat diamati dari kenaikan suhu yang ditunjukkan oleh thermometer setelah dilakukan proses pembakaran. Kemudian nilai kalor dihitung dengan mengadakan beberapa koreksi.

## 2.4 Macam-macam Proses Peningkatan Mutu Batubara

Berbagai proses peningkatan mutu batubara telah dikembangkan di dunia, berikut adalah beberapa diantaranya yang dapat dikategorikan cukup berhasil:

### 2.4.1 Teknologi *Upgrading Brown Coal* (UBC)

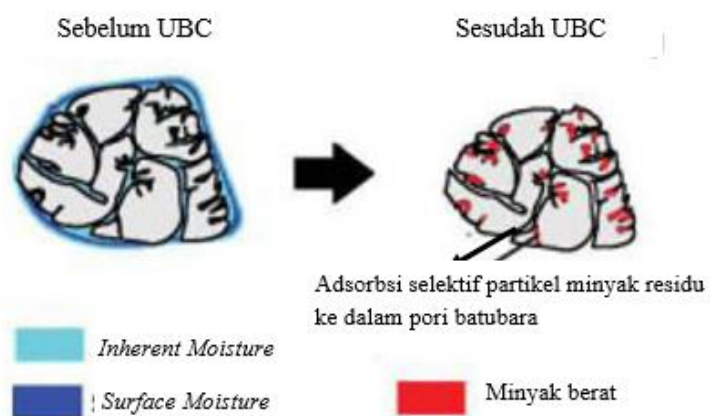
#### 2.4.2 Mekanisme Proses UBC

Proses UBC dilakukan dengan memanaskan batubara yang telah dicampur dengan campuran minyak tanah dan residu pada suhu  $\pm 150^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 0,35 MPa ( $\pm 3,5$  atm). Karena temperatur dan tekanan yang diterapkan cukup rendah, maka pengeluaran tar dari batubara belum sempurna, karenanya perlu ditambahkan zat aditif sebagai penutup permukaan batubara. Untuk proses UBC, sebagai aditif digunakan minyak residu yang merupakan senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan sifat kimia tersebut, minyak berat (*heavy oil*) yang masuk ke dalam pori-pori batubara akan kering kemudian bersatu dengan batubara. Lapisan minyak ini cukup kuat dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan di tempat terbuka untuk jangka waktu yang cukup lama (Shigehisa et al, 2000).

Pada proses UBC, kandungan moisture dalam batubara peringkat rendah dihilangkan dengan cara pemanasan (*dewatering*) di dalam media minyak yang



bahan utamanya adalah minyak ringan (*light oil*)minyak berat. Penambahan minyak berat dalam minyak tanah diperlukan untuk menjaga kestabilan kadar air bawaan batubara pasca proses. Sedangkan minyak tanah diperlukan sebagai media dalam proses. Minyak berat tadi sebelumnya ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam media minyak, kurang lebih 0.5wt% (*air dried base*). Pada saat proses pemanasan berlangsung, air dalam pori-pori batubara keluar, kemudian minyak berat akan teradsorpsi secara selektif di dalam pori-pori tersebut sehingga partikel batubara terlapisi oleh minyak residu yang mengakibatkan air yang keluar dari pori-pori tidak dapat kembali masuk kedalam batubara. Batubara hasil pemanasan kemudian dipisahkan dari minyak dan dikeringkan. Minyak yang telah dipakai dipisahkan dari air (yang berasal dari batubara) berdasarkan perbedaan berat jenis dan dapat digunakan kembali untuk proses berikutnya



Gambar 2.8 Batubara Sebelum dan Sesudah Dilakukan *Upgrading*

Sumber: [tekmira.esdm.go.id](http://tekmira.esdm.go.id)

Karena proses UBC dilakukan pada tekanan dan temperatur yang rendah, maka tidak terjadi reaksi kimia yang cukup berarti. Air limbah proses UBC tidak akan mencemari lingkungan apabila air limbah tersebut dibuang langsung ke sungai/tempat pembuangan air sehingga biaya penanganan limbah juga menjadi rendah.

#### 2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Proses *Upgrading*

Adapun faktor yang dapat mempengaruhi proses *upgrading* yaitu:

##### a. Waktu Reaksi

Waktu tinggal merupakan variabel proses yang penting. Waktu tinggal yang lama disertai pemanasan yang tinggi menyebabkan pecahnya ikatan – ikatan hidrogen, repolimerisasi dan stabilisasi radikal bebas dari persediaan hidrogen pada batubara dan donor hidrogen lebih cepat terjadi. Waktu tinggal yang diperlukan antara 30 – 90 menit. (Hartiniati et. al, 2003)

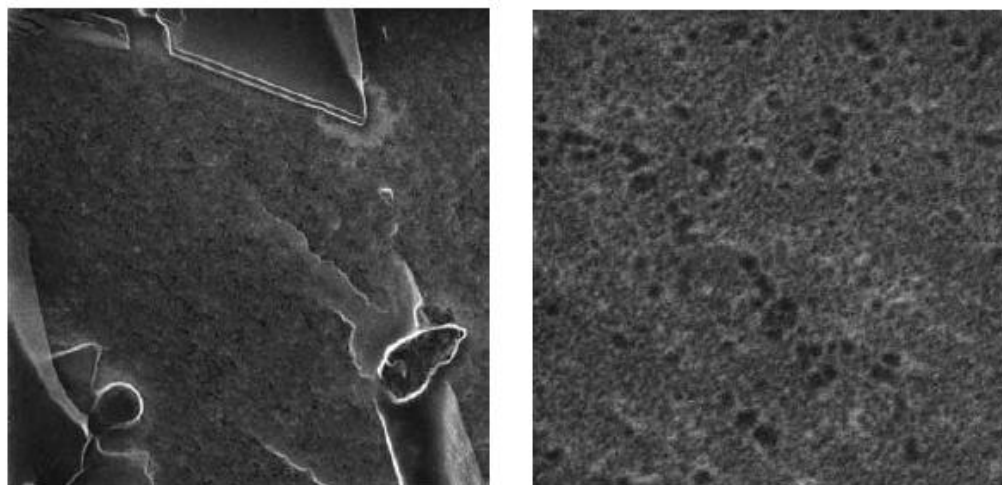
##### b. Temperatur Reaksi

Temperatur memegang peranan utama dalam proses stabilisator. Dari 2 variabel temperatur yang dicoba yaitu 115 dan 135°C pada proses pemanasan dengan kecepatan umpan batubara 200 kg/jam, menunjukkan makin tinggi temperatur proses makin tinggi persen penurunan kadar air dalam batubara. (Umar et. al, 2003)

### c. Ukuran Partikel Batubara

Batubara merupakan salah satu padatan *porous* yang mempunyai pori-pori berupa pipa-pipa kapiler. Pori-pori ini merupakan celah terbuka dalam matriks batubara yang memiliki kedalaman lebih besar dari lebarnya, serta memiliki variasi dalam bentuk dan lebarnya (Aminian dan Rodvelt, 2014).

Menurut Flores 2013 dan Zou 2012, terdapat 3 jenis pori dalam batubara yaitu Mikropori (< 2nm), Mesopori (2-50nm), Makropori (> 50nm).



Gambar 2.9 Porositas pada Batubara

Sumber: ExxonMobil Research and Engineering Co., Annandale, NJ 08801, USA

Batubara memiliki jumlah pori-pori yang sangat banyak sehingga batubara juga memiliki luas permukaan yang sangat besar, sekitar 1 cm<sup>3</sup> batubara dapat memiliki luas permukaan hingga 3 m<sup>2</sup>. Rata-rata sekitar 77% pori dalam batubara berupa mikropori, 5% berupa mesopori, 15% berupa makropori dan 3% berupa cleat dan fraktur (Mastalrez, et. al, 2008). Dengan luas area permukaan yang sedemikian besar, tidaklah heran jika batubara memiliki kandungan moisture yang tinggi dan kandungan moisture ini akan semakin meningkat seiring dengan rendahnya peringkat batubara tersebut.

## 2.5 Kerosen sebagai Media Pelarut

Minyak tanah (*kerosene*) adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. Diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150°C and 275°C (rantai karbon dari C12 sampai C15). Nama *kerosene* diturunkan dari bahasa Yunani *keros* (κέρωσ, wax ).

Minyak tanah merupakan bahan bakar jenis distilat yang tidak berwarna (jernih). Penggunaan minyak tanah pada umumnya adalah untuk keperluan industri (seperti solvent) dan sebagian masih digunakan sebagaibahan bakar di rumah tangga (memasak, penerangan, dll)

Tabel 2.3. Sifat – Sifat Fisik Kerosen

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min	Maks	ASTM	Lain
1.	Densitas pada 15°C	Kg/m <sup>3</sup>	-	835	D 1298	
2.	Titik asap	mm	15	-	D 1322	
3.	Nilai jelaga (Char Value)	mg/kg	-	40		IP 10
4.	Distilasi:				D 86	
	Perolehan pada 200°C	% vol	18	-		
	Titik Akhir	°C	-	310		
5.	Titik nyala abel	°C	38,0	-		IP 170
6.	Kandungan belerang	% massa	-	0,20	D 1266	
7.	Korosi bilah tembaga (3 jam/50°C)	-	-	No.1	D 130	
8.	Bau dan warna	-	Dapat dipasarkan			

Sumber: Keputusan Direktur Jenderal Migas No. 17.K/72/DJM/1999

## 2.6 Minyak Pelumas (*Lube Oil*) sebagai *Coating Agent*

Minyak pelumas atau oli merupakan sejenis cairan kental yng berfungsi sebagai pelicin, pelindung, dan pembersi bagian dalam mesin. Minyak pelumas yang dipergunakan di mesin industri atau kendaraan berasal dari *lube oil stock*. Adapun spesifikasi minyak pelumas motor bensin dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Spesifikasi Minyak Pelumas Motor Bensin SAE 40 SE/CC

Karakteristik	Nilai
No. SAE	40
<i>Specific density</i> , 15°C kg/l	0,8962
<i>Viscosity Kinematic</i> , at 4°C, cSt	236,10
100°C, cSt	19,90
<i>Viscosity index</i>	95
<i>Colour</i> ASTM	2,5
<i>Flash point</i> , °C	252
<i>Pour point</i> , °C	9
<i>Total Base Number</i> , mg KOH/gr	5,20

Sumber: pelumas.pertamina.com