

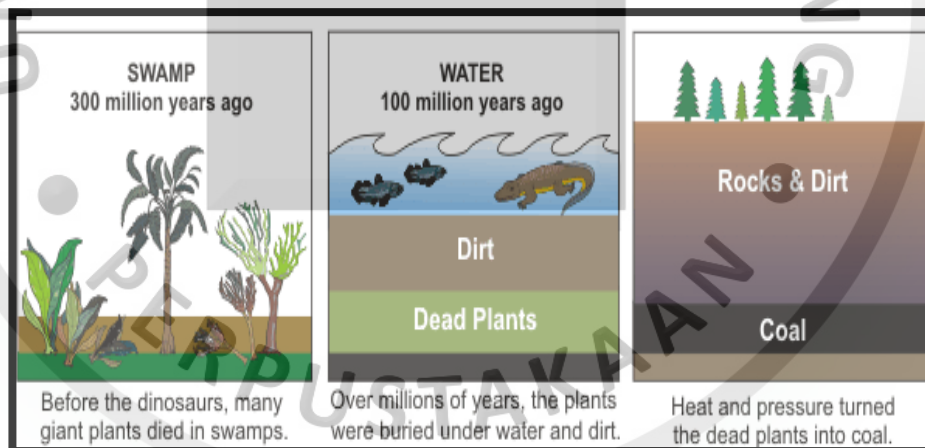
## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Proses Pembentukan Batubara

##### 3.1.1 Genesa Batubara

Batubara adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan serta binatang yang telah terkonsolidasi di bawah tekanan dan suhu tinggi dalam waktu yang relatif lama. Perbedaan sifat batubara dari satu ke lainnya disebabkan oleh adanya perbedaan sifat dan tipe bahan asalnya, lingkungan tempat pengendapannya, kondisi dan tingkat perubahan sesuai dengan sejarah geologi dan sifat bagian pengotornya. Secara ringkas gambaran dari bahan asal sampai proses pembentukan batubara dapat dilihat Gambar 3.1



Sumber : Solihin, *Diktat batubara dan teknologinya*, 2007

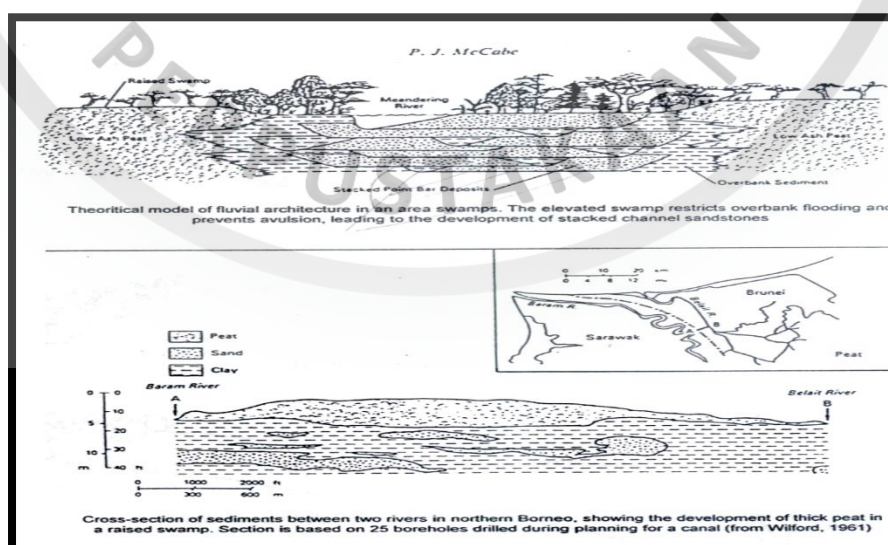
**Gambar 3.1**  
**Gambaran Proses Ringkas Pembentukan Batubara**

Perbedaan macam material asalnya (seperti kayu, lumut, kulit pohon, daun, bunga/ spora, sisa algae, binatang dsb.) menyebabkan perbedaan tipe batubara (bukan peringkat) dan perbedaan sifat kematangannya. Sedangkan peringkat batubara ditunjukkan oleh urutan dari gambut sampai antrasit tergantung daripada

waktu, suhu, tekanan dan sejarah geologinya. Oleh karena itu dapat pula terjadi bahwa suatu *sub-bituminus* lebih muda dari pada *lignit*. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat gambaran ringkas bentuk bahan asal dari berbagai peringkat batubara.

Dipandang dari substansinya (sifat fisika/ kimia), ada pula yang menyatakan bahwa batubara itu adalah mineral atau batuan heterogen, baik secara kimia maupun secara fisik, yang terdiri dari terutama : karbon, hidrogen dan oksigen dengan sedikit nitrogen dan belerang. Zat lainnya terdiri dari zat an-organik (*mineral matter*) yang tersebar secara terpisah-pisah di seluruh tubuh batubara.

Batubara terjadi di cekungan geologi (*coal basin*) atau geosinklin. Tahapan pembentukan batubara dapat dijelaskan sebagaimana dapat dilihat Gambar 3.3. Pembentukan batubara pertama kali adalah bahan organik yang bersifat kayu (*woody*) mati, kemudian terjadi pembusukan oleh bakteri aerobik (bakteri yang memerlukan oksigen). Pembusukan ini terjadi bersama-sama dengan oksidasi dan sebagian, menghasilkan produk yang bersifat koloid dan hidrosol dimana material tersebut menjadi busuk dan hancur. Namun dalam kejadian ini struktur biologi asalnya masih tetap kelihatan. Tahap ini dapat dilihat pada lapisan gambut.



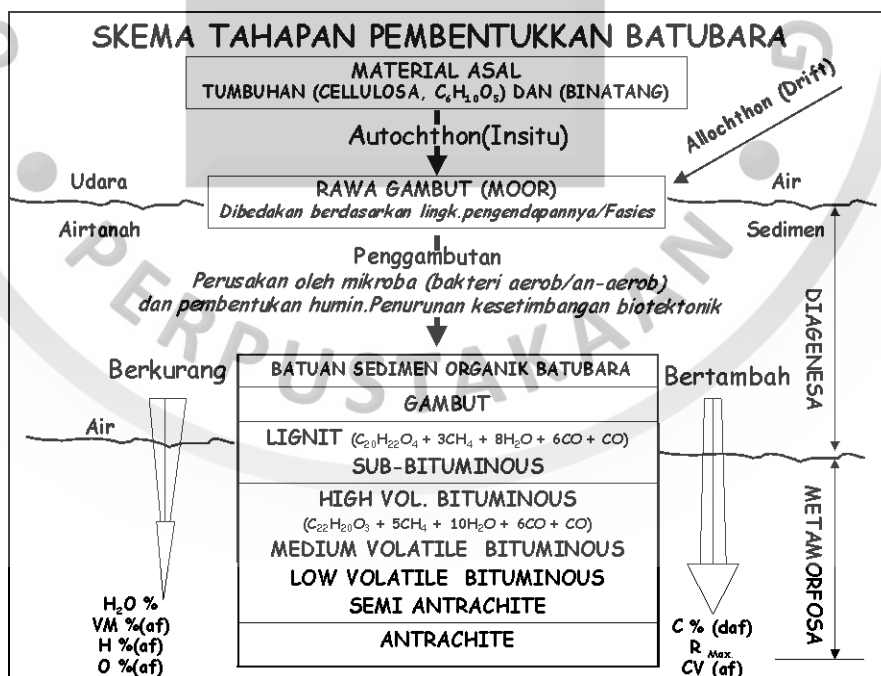
Sumber : Solihin, Diktat batubara dan teknologinya, 2007

**Gambar 3.2**  
**Contoh Bentuk Morfologi Moor**

Tahap ke dua adalah akumulasi produk tadi tertimbun di bawah tumbuhan mati, berikutnya bakteri aerobik masih terus bekerja. Namun karena penyediaan oksigen makin lama makin berkurang, maka bakteri ini mati dan diganti dengan bakteri an-aerobik (bakteri yang hidupnya tidak membutuhkan oksigen).

Pada tahap ke tiga terjadi perubahan bentuk produk tersebut menjadi berupa hidrogel. Proses selanjutnya adalah proses pemadatan dan konsolidasi di rawa-rawa dimana bakteri non-aerobik akhirnya berhenti bekerja. Pertambahan beban dari atas (tekanan) menyebabkan gel menjadi padat, airnya terperas (*dewatering*), terbentuknya asam humus dan dalam waktu relatif lama terbentuklah lignit.

Tahap selanjutnya adalah pembentukan sub-bituminus, bituminus, semi bituminus dan semi antrasit serta antrasit. Terbentuknya macam-macam batubara tersebut tergantung dari tekanan, suhu dan umur relatif geologi.



Sumber : Solihin, Diktat batubara dan teknologinya, 2007

**Gambar 3.3**  
**Tahap Proses Pembentukan Batubara**

### 3.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Pembatubaraan

Beberapa hal yang mempengaruhi proses pembatubaraan yaitu :

1. Sejarah geologi (lamanya penguburan) dan bagaimana prosesnya.
  - an-aerobik
  - aerobik dengan oksidasi tinggi (*kaya inertinit*)
  - Kondisi dan lokasi selama penguburan: menentukan kadar abu (*mineral matter*)
  - Kondisi tersebarnya *mineral matter*, misalnya dengan cara perkolasi
2. Waktu relatif : makin relatif lama terkubur, makin baik peringkat batubara
3. Tekanan menyebabkan :
  - Perubahan fisik, pengeringan atau penyimpanan uap dan cairan
  - Pembentukan struktur pita - pita (*banded*)
  - Perubahan kimia (aromatisasi)
4. Temperatur, makin tinggi temperatur yang dialami batubara makin baik peringkat batubara.
5. Temperatur *gradien* :
  - Karena *tectonic strain*
  - Aktivitas vulkanik
  - Konduktivitas panas yang berbeda, misalnya *claystone* dan *sandstone*
  - Temperatur bertambah dengan kedalaman
  - Temperatur tertinggi.
6. Pengaruh kombinasi

### 3.1.3 Peringkat Batubara (*Coal Rank*)

Peringkat batubara merupakan tahapan dari pada pembatubaraan seperti telah diterangkan di atas yang terdiri dari :

1. Gambut (*Peat*)

Ini terjadi pada tahapan permulaan pembentukan batubara. Gambut terdapat banyak di berbagai tempat (negara) di dunia, di antaranya terutama terdapat di Indonesia, Irlandia, Kanada, Finlandia, Rusia dll.

### 2. *Lignit (Browncoal)*

Ini dihasilkan dari tahapan proses pertama dalam gambut yang terkubur. Warnanya coklat tua, berserak-serakan dan terdiri dari material tumbuhan yang telah mati membusuk. Sejumlah besar endapan *brown coal* terdapat di Australia, Afrika Selatan, Jerman, Polandia, USSR, USA dan Indonesia. Lignit kadang-kadang disebut *brown coal*, namun sebagian para peneliti mempertimbangkan bahwa *brown coal* dan *lignit* berbeda sejarah pembentukannya.

### 3. *Sub-bituminus*

Suatu peralihan perubahan dari *lignit* ke *bituminus*. Warnanya mulai hitam tetapi belum begitu keras. Porositas lebih baik dari pada lignit, namun tidak sekompak *bituminus*.

### 4. *Bituminus*

Warnanya hitam dan keras, karenanya disebut *hard coal*, dapat berupa *steam coal* dan *coking coal*. Tubuh batubara ini berpenampilan hitam dengan pita-pita mengkilat seperti keramik. Bituminus mudah retak sepanjang bidang *cleavage*-nya.

### 5. *Antrasit*

Batubara ini terjadi pada tahap akhir dalam proses pembatubaraan (*coalification*). Ini sangat keras, tidak memperlihatkan pita-pita, dapat pecah menjadi blok-blok kecil yang mengkilat. *Antrasit* terdapat dalam jumlah yang terbatas di beberapa negara.

#### 3.1.4 Sifat-Sifat Batubara

Karakteristik batubara dapat dinyatakan berdasarkan sifat fisika dan sifat kimia yang dimilikinya. Karakteristik batubara yang menunjukkan sifat fisiknya diantaranya nilai *density*, kekerasan, ketergerusan (*grindability*), warna, dan pecahan.

Sedangkan sifat kimia batubara merupakan kandungan senyawa yang terkandung dalam batubara tersebut diantaranya kandungan Karbon, Hidrogen, Oksigen, Nitrogen, dan Sulfur.

### 1. Sifat-sifat Fisik Batubara

Sifat fisik batubara tergantung kepada unsur kimia yang membentuk batubara tersebut, semua fisik yang dikemukakan dibawah ini mempunyai hubungan erat satu sama lain.

#### a. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

*Specific gravity* batubara berkisar dari 1.25 g/cm<sup>3</sup> hingga 1.70 g/cm<sup>3</sup>, pertambahannya sesuai dengan peningkatan derajat batubara. *Specific gravity* batubara turun sedikit pada lignit yaitu 1.5 g/cm<sup>3</sup> hingga bituminous yaitu 1.25 g/cm<sup>3</sup>. Kemudian akan naik lagi menjadi 1.5 g/cm<sup>3</sup> untuk antrasit hingga 2.2 g/cm<sup>3</sup> untuk grafit.

Berat jenis batubara sangat bergantung pada jumlah dan jenis mineral yang dikandung abu dan juga kekompakan porositasnya. Kandungan karbon juga akan mempengaruhi kualitas batubara dalam penggunaan. Batubara jenis yang rendah menyebabkan sifat pembakaran yang tidak baik.

#### b. Kekerasan

Kekerasan batubara berkaitan dengan struktur batubara yang ada. Keras atau lemahnya batubara juga terkandung pada komposisi dan jenis batubaranya. Uji kekerasan batubara dapat dilakukan dengan mesin *Hardgrove Grindability Index* (HGI). Nilai HGI menunjukkan nilai kekerasan batubara. Nilai HGI berbanding terbalik dengan kekerasan batubara. Semakin tinggi nilai HGI, maka batubara tersebut semakin lunak. Sebaliknya, jika nilai HGI batubara tersebut semakin rendah maka batubara tersebut semakin keras.

c. Warna

Warna batubara bervariasi mulai dari berwarna coklat pada lignit hingga warna hitam legam pada antrasit. Warna variasi litotipe (batubara yang kaya akan vitrain) umumnya berwarna cerah.

d. Goresan

Goresan batubara warnanya berkisar antara terang sampai coklat tua. Lignit mempunyai goresan hitam keabu-abuan, batubara berbitumin mempunyai warna goresan hitam, batubara cannel mempunyai warna goresan dari coklat hingga hitam legam.

e. Pecahan

Pecahan dari batubara memperlihatkan bentuk dari potongan batubara dalam sifat memecahnya. Ini dapat pula memperlihatkan sifat dan mutu dari suatu batubara. Antrasit dan batubara cannel mempunyai pecahan konkoidal. Batubara dengan zat terbang tinggi, cenderung memecah dalam bentuk persegi, balok atau kubus.

## 2. Sifat-sifat Kimia Batubara

Sifat kimia dari batubara sangat berhubungan langsung dengan senyawa penyusun dari batubara tersebut. Baik senyawa organik ataupun senyawa anorganik. Sifat kimia dari batubara dapat digambarkan dari unsur yang terkandung di dalam batubara, antara lain sebagai berikut:

a. Karbon

Jumlah karbon yang terdapat dalam batubara bertambah sesuai dengan peningkatan derajat batubaranya. Kenaikan derajatnya dari 60% hingga 100%. Persentase akan lebih kecil daripada lignit dan menjadi besar pada antrasit dan hamper 100% dalam grafit. Unsur karbon dalam batubara sangat penting peranannya sebagai sumber panas. Karbon dalam batubara tidak berada dalam unsurnya tetapi

dalam bentuk senyawa. Hal ini ditunjukkan dengan jumlah karbon yang besar yang dipisahkan dalam bentuk zat terbang.

b. Hidrogen

Hidrogen yang terdapat dalam batubara berangsur-angsur habis akibat evolusi metan. Kandungan hidrogen dalam lignit berkisar antara 5%, 6% dan 4.5% dalam batubara berbitumin sekitar 3% hingga 3,5% dalam antrasit.

c. Oksigen

Oksigen yang terdapat dalam batubara merupakan oksigen yang tidak reaktif. Sebagaimana dengan hidrogen kandungan oksigen akan berkurang selama evolusi atau pembentukan air dan karbondioksida. Kandungan oksigen dalam lignit sekitar 20% atau lebih. Sedangkan dalam batubara berbitumin sekitar 4% hingga 10% dan sekitar 1,5% hingga 2% dalam batubara antrasit.

d. Nitrogen

Nitrogen yang terdapat dalam batubara berupa senyawa organik yang terbentuk sepenuhnya dari protein bahan tanaman asalnya dan jumlahnya sekitar 0,55% hingga 3%. Batubara berbitumin biasanya mengandung lebih banyak nitrogen daripada lignit dan antrasit.

e. Sulfur

Sulfur dalam batubara biasanya dalam jumlah yang sangat kecil dan kemungkinan berasal dari pembentuk dan diperkaya oleh bakteri sulfur. Sulfur dalam batubara biasanya kurang dari 4%, tetapi dalam beberapa hal sulfurnya bisa mempunyai konsentrasi yang tinggi. Sulfur terdapat dalam tiga bentuk, yaitu :

- Sulfur Piritik (Piritic Sulfur), Sulfur Piritik biasanya berjumlah sekitar 20% hingga 80% dari total sulfur yang terdapat dalam makrodeposit (lensa, urat, kekar, dan bola) dan mikrodeposit (partikel halus yang menyebar).



- Sulfur Organik, Sulfur Organik biasanya berjumlah sekitar 20% hingga 80% dari total sulfur, biasanya berasosiasi dengan konsentrasi sulfat selama pertumbuhan endapan.
- Sulfat Sulfur, Sulfat terutama berupa kalsium dan besi, jumlahnya relatif kecil dari seluruh jumlah sulfurnya.

### **3.2 Proses dan Tujuan Karbonisasi**

#### **3.2.1 Proses Karbonisasi Batubara**

Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, formaldehid, metana, formik dan acetyl acid serta zat yang tidak terbakar seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang tinggi dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi.

Proses karbonisasi dapat merupakan reaksi endoterm atau eksoterm tergantung pada temperatur dan proses reaksi yang sedang terjadi. Secara umum hal ini dipengaruhi oleh hubungan temperatur karbonisasi, sifat reaksi, perubahan fisik/kimiawi yang terjadi. Perubahan fisika terdiri atas pelunakan, aliran material, penggabungan dan pengerasan, sedangkan perubahan kimia terdiri atas perekahan polimerisasi dan penguapan.

Karbonisasi batubara adalah proses pemanasan batubara dengan keadaan anaerob (tanpa oksigen) pada temperatur beberapa ratus derajat menghasilkan material – material :

1. Karbon padat (solid residu)

Disebut semikokas/kokas jika bersifat kompak dan padat, atau disebut char jika lebih berpori dan tidak kompak.

## 2. Hasil cair

Terbuat dari campuran hidrokarbon (zat arang cair) disebut tar dan larutan yang mengandung air yang mengandung jenis bahan-bahan terlarut yang disebut zat amoniak.

## 3. Hidrokarbon dan campuran lain

Dalam bentuk gas yang didinginkan ke temperatur normal.

Berdasarkan perbedaan besarnya temperatur pemanasan, proses karbonisasi terdiri atas:

1. *Low temperature carbonization* pada suhu 500°C-700°C
2. *Medium temperature carbonization* pada suhu 700°C-900°C
3. *High temperature carbonization* pada suhu > 900°C

Proses karbonisasi dilakukan melalui dua cara:

1. Proses Karbonisasi dengan pemanasan secara langsung

Proses Karbonisasi dengan pemanasan secara langsung dalam tungku *Beehive* yang berbentuk kubah. Tungku *Beehive* merupakan tungku yang paling tua dimana batubara dibakar pada kondisi udara terbatas, sehingga hanya zat terbang saja yang akan terbakar. Jika zat terbang terbakar habis, proses pemanasan dihentikan. Kelemahannya antara lain terdapat produk samping berupa gas dan cairan yang tidak dapat dimanfaatkan atau habis terbakar, disamping itu produktivitas sangat rendah.

2. Karbonisasi batubara dengan pemanasan tidak langsung

Karbonisasi batubara dengan pemanasan tidak langsung atau proses distilasi kering di mana sirkulasi udara dikontrol seminimal mungkin. Melalui dinding baja, panas disalurkan ke dalam tanur bakar yang memuat batubara. Pada suhu sekitar 375°C - 475°C, batubara mengalami dekomposisi membentuk lapisan plastis di sekitar dinding.

Ketika suhu mencapai 475°C - 600°C, terlihat kemunculan cairan tar dan senyawa hidrokarbon (minyak), dilanjutkan dengan pemadatan massa plastis menjadi semi-kokas. Pada suhu 600°C - 1100°C, proses stabilisasi kokas dimulai. Ketika lapisan plastis sudah bertemu di tengah oven, berarti seluruh batubara telah terkarbonasi menjadi kokas, dilanjutkan dengan proses pendinginan (*quenching*). Setelah kokas selesai dibuat di oven, perlu pendinginan secepatnya supaya kokas tersebut tidak berubah jadi abu. Cara ini selain menghasilkan kokas juga diperoleh produk samping berupa tar, amoniak, gas methana, gas hidrogen dan gas lainnya. Gas-gas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, sedangkan produk cair berupa tar, amoniak dan lain-lain dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan bahan-bahan kimia, umumnya berupa senyawa aromatik.

### 3.2.2 Tujuan Karbonisasi

Tujuan dari proses karbonisasi adalah menaikkan kadar karbon padat dan menghilangkan zat terbang (*volatile matter*) yang terkandung dalam batubara serendah mungkin sehingga dihasilkan semi kokas atau kokas dengan kandungan zat terbang yang ideal 8-15% dengan nilai kalori yang cukup tinggi di atas 6.000 kkal/kg. Kandungan zat terbang berhubungan erat dengan kelas batubara, makin tinggi zat terbangnya maka makin rendah kelas batubara, karena zat terbang akan mempercepat pembakaran karbon padatnya. Dengan karbonisasi juga akan menghasilkan produk akhir yang tidak berbau dan berasap.

### 3.3 Pengertian *Carbonriser*

*Carbonriser* merupakan produk yang terbentuk dari senyawa karbon. Unsur karbon memiliki keunggulan. Kebanyakan karbon jarang bereaksi di bawah kondisi normal. Di bawah suhu dan tekanan standar, karbon tahan terhadap segala *oksidator* terkecuali *oksidator* yang terkuat. Karbon tidak bereaksi dengan asam sulfat, asam klorida, klorin maupun basa lainnya. Pada industri besi dan baja, *carbonriser*

berperan penting karena pada suhu tinggi, karbon dapat bereaksi dengan oksigen, menghasilkan oksida karbon oksida melalui reaksi yang mereduksi oksida logam menjadi logam. Menurut kurva Boudouard's, gas CO terjadi pada temperatur tinggi dari CO<sub>2</sub>, selanjutnya gas CO inilah yang akan mereduksi besi oksida menjadi besi (Fe). *Carbonriser* adalah bahan penambah carbon yang digunakan pada proses peleburan untuk pembuatan besi atau baja. *Scrap* yang digunakan sebagai bahan dasar peleburan besi / baja umumnya kurang mencapai kadar karbon yang diinginkan oleh si pembuat (pabrik) sehingga kekurangan unsur carbon didapat dari penambahan *carbonriser*.

Sebagai material karbon yang sudah banyak digunakan di industri, *carbonriser* dapat dibuat selain dari *green coke* juga batubara. *Green coke* adalah material yang merupakan hasil proses destilasi (penyulingan) minyak mentah. Pembuatan *carbonriser* dari batubara mengacu pada spesifikasi *carbonriser* yang beredar di pasar (komersil). Terdapat beberapa klasifikasi *carbonriser* berdasarkan kandungan karbon padat (*Fixed Carbon/FC*) yaitu *Fixed Carbon* (FC) 80%, 85%, 90%, 96% dan 99%. Sedangkan kandungan sulfur dapat digolongkan ke dalam *low* sulfur < 0.1 %, *medium* sulfur maksimal 0.25% dan *high* sulfur di atas 0.25 % (Ferano, 2013). Agar memperoleh *carbonriser* dengan spesifikasi tersebut, maka pengaturan kondisi proses produksi sangat penting. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perolehan produk *carbonriser* dengan bahan baku batubara. Faktor pertama adalah karakteristik batubara. Batubara memiliki kandungan karbon > 50% berat dan 70% volume batubara. Hal ini tergantung pada peringkat batubara (*coal rank*), dimana peringkat lebih tinggi mengandung sedikit hidrogen, oksigen dan nitrogen, dan semakin tinggi peringkat batubara kadar karbon padat semakin besar. Antrasit memiliki karbon padat tertinggi, dapat mencapai > 90%, sehingga dengan sedikit pengaturan termal dapat langsung digunakan sebagai *carbonriser*. Sedangkan

batubara peringkat rendah sub-bituminus untuk menjadi produk *carbonriser* perlu melalui proses peningkatan kadar karbon (Brian and Marty, 2008). Selain karbon padat, persyaratan lain yang harus terpenuhi adalah kadar abu dan sulfur rendah.

Proses karbonisasi pada suhu tinggi mengakibatkan komposisi logam abu teroksidasi dan kadar abu akan meningkat. Peningkatan kadar abu dapat pula terjadi karena ukuran butir batubara terlalu kecil dan waktu proses (*residence time*) terlalu lama, sehingga batubara terbakar menjadi abu (Monika dan Suprpto, 2009). Selain itu, pada tekanan tinggi abu dihasilkan dengan ukuran yg lebih halus dibandingkan abu dari proses dengan tekanan rendah karena struktur arang hasil karbonisasi berbeda. Tekanan mempengaruhi pembentukan abu dan struktur arang setelah *devolatilisasi*. Arang yang dihasilkan dari proses bertekanan tinggi memiliki sifat porous lebih tinggi, dimana fragmen membentuk partikel abu lebih halus. Hal ini menerangkan bagaimana struktur dan morfologi char menjadi abu (Hongwei, dkk., 2000). Abu tinggi dapat menurunkan kadar karbon padat. Persyaratan lain karakteristik batubara untuk *carbonriser* adalah kadar sulfur harus rendah. Sulfur dalam batubara berupa mineral pirit ( $\text{FeS}_2$ ) dan dapat pula berupa sulfida logam lainnya seperti  $\text{PbS}$ ,  $\text{HgS}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CuFeS}_2$  dan  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Pada suhu tinggi, sulfida logam mudah teroksidasi menjadi logam oksida. Begitu pula dalam proses peleburan logam, dimana pada saat sulfida logam menjadi oksida logam, sulfur lepas menjadi  $\text{SO}_2$  (polutan). Sulfur dalam peleburan logam merupakan pengotor.

*Carbonriser* bisa juga di dapat dari batubara jenis antrasite. Antrasite merupakan salah satu jenis batubara yang tidak mempunyai kemampuan untuk membakar jadi satu dan membakar dengan nyala api pendek dan tidak menimbulkan arang para.

Adapun Jenis-jenis batubara selain antrasite adalah sebagai berikut:

1. Batubara nyala api

Batu bara nyala api membakar dengan nyala api panjang, yang biasanya banyak mengeluarkan arang para, batu bara ini cocok digunakan dalam oven nyala api.

## 2. Batubara tempa

Batubara ini mempunyai daya yang besar jadi cocok digunakan untuk api tempa.

## 3. Batubara ketel

Batubara mempunyai cukup kemampuan untuk membakar jadi satu guna mencegah timbulnya batubara-terbang. Oleh karenanya cocok digunakan dalam ketel uap.

### 3.4 Analisis Proksimat

Analisis umum yang dilakukan pada batubara, baik oleh perusahaan pertambangan atau oleh pembeli disebut sebagai analisis proksimat. Analisis proksimat ini cukup sederhana tetapi memerlukan peralatan yang khusus dan standar. Analisis proksimat dalam batubara merupakan analisis yang terdiri dari analisis *moisture in the analysis sample, ash, volatile matter* dan *fixed carbon*. Analisis ini dapat mengacu pada standar ASTM D 3172 yaitu mengenai *standard practice for proximate analysis of coal and coke*. Atau mengacu pada standar ISO 17246 yaitu *coal proximate analysis*.

#### 3.4.1 Kandungan Air (*Moisture*)

Adapun air yang terkandung dalam batubara terdiri dari dua yaitu :

1. Air bawaan (*Inherent Moisture*) merupakan air yang terikat secara fisik pada struktur pori- pori bagian dalam batubara dan memiliki tekanan uap yang lebih rendah daripada tekanan normal. Kadar air bawaan dipakai sebagai karakteristik dasar daripada batubara, kadar air bawaan bertambah dengan

turunnya rank batubara (Muchjidin, Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara, 2006)

2. Air bebas (*Free Moisture*) merupakan air yang terikat secara mekanik dengan batubara pada daerah permukaan seperti dalam rekahan. Air bebas ini memiliki tekanan uap normal.

Kandungan air pada batubara memberikan pengaruh negatif pada proses pemanfaatannya karena kadar air yang terlalu tinggi akan menimbulkan masalah dalam proses pembakaran. Adanya kandungan air yang cukup tinggi akan mengurangi kalori batubara pada saat pembakaran. Hal ini dikarenakan terserapnya sebagian panas untuk menguapkan kandungan air yang tinggi dalam batubara. Selain itu masalah kadar air ini berpengaruh terhadap proses transportasi dimana akan menambah berat batubara yang menyebabkan biaya transportasi akan semakin besar.

Berikut adalah rumus untuk mencari kadar *inherent moisture* :

$$\%IM = \frac{(\text{Berat Awal+Sample}) - \text{Berat akhir}}{\text{Berat Sample}} \times 100\%$$

### 3.4.2 Kandungan Abu (Ash)

Mineral *Matter* merupakan komponen penyusun batubara dimana terbagi menjadi dua yaitu :

1. *Inherent mineral matter* berhubungan dengan tumbuhan asal pembentuk batubara dimana tidak mungkin dihilangkan bahkan dengan pencucian batubara.
2. *Extraneous mineral matter* berasal dari tanah penutup atau lapisan yang terdapat diantara batubara dimana dapat dikurangi dengan proses pencucian batubara.

Abu terdiri dari seyawa- senyawa silicon, aluminium, besi, dan kalsium serta sejumlah kecil Na, Ti, K, Mg, Mn, dalam bentuk silikat, oksida, sulfat, dan posfat. Abu merupakan residu yang berasal dari *mineral matter* yang tersisa setelah batubara terbakar sempurna. Oleh karena itu semakin tinggi kandungan abu dalam batubara akan semakin berkurang nilai kalor batubara tersebut ( Muchjidin, Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara, 2006 ).

Berikut adalah rumus untuk mencari kadar abu :

$$\%Ash = \left( \frac{Berat\ akhir}{Berat\ Sample} \times 100\% \right)$$

#### 3.4.3 Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang pada batubara terdiri dari dua yaitu zat terbang mineral (*Volatile Mineral Matter*) dan zat terbang organik (*Volatile Organic Matter*). Zat terbang mineral adalah mineral-mineral yang terbawa bersama batubara karena terbawa sungai, pengendapan dan penetrasi melalui celah-celah batubara yang terdiri dari mineral anorganik yang menjadi pengotor batubara. Zat terbang organik merupakan senyawa organik yang terbentuk dari tumbuh- tumbuhan sewaktu hidup dalam rawa - rawa dan tidak dapat dipisahkan dari batubara.

Zat terbang dalam batubara dapat mempengaruhi proses pemanfaatannya dimana pada proses pembakaran akan mengganggu karakteristik pembakaran. Hal ini akan berpengaruh terhadap berat batubara saat pembakaran dimana dengan kandungan zat terbang yang tinggi akan membuat batubara semakin cepat terbakar dan semakin banyak kehilangan berat.

Kandungan zat terbang sangat erat kaitannya dengan kelas batubara tersebut, makin tinggi kandungan zat terbang maka 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 mempersulit proses pembakaran.

Zat terbang terdiri dari gas yang mudah terbakar seperti H<sub>2</sub>, CO, metan dan uap – uap yang mengembun seperti tar, juga gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Zat terbang sangat mempunyai hubungan dengan rank batubara, makin kecil zat terbang, makin tinggi rank batubara ( Muchjidin, Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara, 2006 ).

Kandungan *volatile matter* (%) memengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api yang dihasilkan oleh batubara. Hal ini didasarkan pada perbandingan antara kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*), yang disebut *fuel ratio*. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, semakin banyak juga jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar. Jika nilai perbandingan itu lebih dari 1,2, pengapian akan tidak optimal sehingga kecepatan pembakarannya akan menurun ( Irwandy Arif, Batubara Indonesia, 2014 ).

Berikut adalah rumus untuk mencari kadar *volatile matter* :

$$\%VM = \left( \frac{(\text{Berat Awal+Sample}) - \text{Berat akhir}}{\text{Berat Sample}} \times 100\% \right) - \%IM$$

#### 3.4.4 Kandungan Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*).

Karbon tertambat merupakan karbon yang terdapat pada batubara berupa zat padat. Karbon tertambat ini menjadi komponen utama batubara yang mampu menghasilkan panas pada proses pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon tertambat maka nilai kalor batubara akan semakin meningkat. Makin tinggi kadar karbon padat makin tinggi rank batubara ( Sukandarrumidi, 1995 ).

Berikut adalah rumus untuk mencari kadar *fixed carbon* :

$$\%Fixed Carbon = 100\% - (\% inherent moisture - \% ash - \% volatile matter)$$