

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara adalah substansi heterogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras. (Mutasim, 2010)

2.1.1 Proses Pembentukan Batubara

Proses pembentukan batubara terdiri atas dua tahap, yaitu:

1. Tahap biokimia (penggambutan) adalah tahap ketika sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (anaerobik) di daerah rawa dengan sistem penisiran (*drainage system*) yang buruk dan selalu tergenang air beberapa inci dari permukaan air rawa. Material tumbuhan yang busuk tersebut melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO_2 , H_2O dan NH_3 untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi, material tumbuhan itu diubah menjadi gambut. (Stach, 1982, opcit. Susilawati 1992).
2. Tahap pematubaraan (*coalification*) merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan sedimen yang menutupinya dalam kurun waktu geologi. Pada tahap tersebut, persentasi karbon akan meningkat, sedangkan

persentasi hidrogen dan oksigen akan berkurang sehingga menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat maturitas material organiknya. (Fischer, 1927, opcit. Susilawati 1992). Teori yang menerangkan terjadinya batubara yaitu :

a. Teori *In-situ*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan dimana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di hutan basah dan berawa, sehingga pohon-pohon di hutan tersebut pada saat mati dan roboh, langsung tenggelam ke dalam rawa tersebut dan sisa tumbuhan tersebut tidak mengalami pembusukan secara sempurna dan akhirnya menjadi fosil tumbuhan yang membentuk sedimen organik.

b. Teori *Drift*

Batubara terbentuk dari tumbuhan atau pohon yang berasal dari hutan yang bukan ditempat dimana batubara tersebut. Batubara yang terbentuk biasanya terjadi di delta mempunyai ciri-ciri lapisannya yaitu tipis, tidak menerus (*splitting*), banyak lapisannya (*multiple seam*), banyak pengotor (kandungan abu cenderung tinggi).

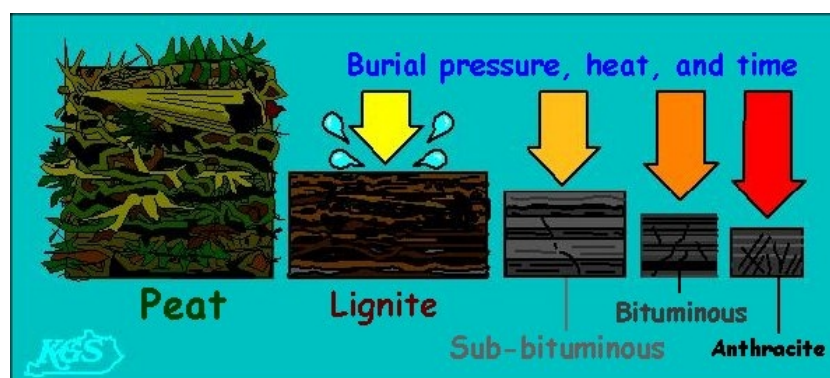
Pada dasarnya terdapat dua jenis material yang membentuk batubara, yaitu:

1. *Combustible Material*, yaitu bahan atau material yang dapat dibakar/dioksidasi oleh oksigen. Material tersebut umumnya terdiri dari karbon padat (*fixed carbon*), senyawa hidrokarbon, total sulfur, senyawa hidrogen, dan beberapa senyawa lainnya dalam jumlah kecil.
2. *Non Combustible Material*, yaitu bahan atau material yang tidak dapat dibakar/dioksidasi oleh oksigen. Material tersebut umumnya terdiri dari senyawa anorganik (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Mn_3O_4 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dan senyawa logam lainnya dalam jumlah kecil) yang akan membentuk abu dalam batubara. Kandungan *non combustible* material ini umumnya tidak diinginkan karena akan mengurangi nilai bakarnya.

Pada proses pembentukan batubara, dengan bantuan faktor fisika dan kimia alam, selulosa ($C_{49}H_7O_{44}$) yang berasal dari tanaman akan mengalami perubahan menjadi Lignit ($C_{70}H_5O_{25}$), Subbituminus ($C_{75}H_5O_{20}$), Bituminus ($C_{80}H_5O_{15}$) atau Antrasit ($C_{94}H_3O_3$).

Untuk proses pembatubaraan fase lanjut dengan waktu yang cukup lama atau dengan bantuan pemanasan, maka unsur senyawa karbon padat yang terbentuk akan bertambah sehingga *grade* batubara akan menjadi lebih tinggi. Pada fase ini unsur hidrogen yang terikat pada molekul air yang terbentuk akan menjadi semakin sedikit.

Bukti bahwa batubara berasal dari sisa tumbuhan diperkuat dengan ditemukannya cetakan tumbuhan didalam lapisan batubara. Dalam penyusunannya batubara diperkaya dengan berbagai macam polimer organik yang berasal dari antara lain karbohidrat, lignin, dan lain-lain. Namun komposisi dari polimer-polimer ini bervariasi bergantung pada spesies dari tumbuhan penyusunnya. Proses pembentukan batubara dapat dilihat pada gambar 1.



Sumber : <http://indah4din4t4.wordpress.com/category/batubara/>

Gambar 1. Proses Pembentukan Batubara

2.1.2 Materi Pembentuk Batubara

Hampir seluruh pembentuk batubara berasal dari tumbuhan. Jenis-jenis tumbuhan pembentuk batubara dan umurnya menurut Diessel (1981) adalah sebagai berikut :

- a. Alga, dari Zaman Pre-kambrium hingga Ordovisium dan bersel tunggal.

Sangat sedikit endapan batu bara dari perioda ini.

- b. Silofita, dari Zaman Silur hingga Devon Tengah, merupakan turunan dari alga. Sedikit endapan batu bara dari perioda ini.
- c. Pteridofita, umur Devon Atas hingga Karbon Atas. Materi utama pembentuk batu bara berumur Karbon di Eropa dan Amerika Utara. Tetumbuhan tanpa bunga dan biji, berkembang biak dengan spora dan tumbuh di iklim hangat.
- d. Gimnospermae, kurun waktu mulai dari Zaman Permian hingga Kapur Tengah. Tumbuhan heteroseksual, biji terbungkus dalam buah, semisal pinus, mengandung kadar getah (resin) tinggi. Jenis Pteridospermae seperti gangamopteris dan glossopteris adalah penyusun utama batu bara Permian seperti di Australia, India dan Afrika.
- e. Angiospermae, dari Zaman Kapur Atas hingga kini. Jenis tumbuhan modern, buah yang menutupi biji, jantan dan betina dalam satu bunga, kurang bergetah dibanding gimnospermae sehingga, secara umum, kurang dapat terawetkan. (Badawi, 2012).

2.1.3 Jenis Batubara

Batubara dapat digolongkan menjadi 5 jenis berdasarkan tingkat proses pembentuknya, yakni gambut, lignit, sub-bituminus, bituminus, dan antrasit.

1. Gambut

Terjadi pada tahapan permulaan pembentukan batubara. Gambut terdapat banyak diberbagai tempat (negara) di dunia, diantaranya terutama terdapat di Indonesia, Irlandia, Kanada, Finlandia, Rusia, dll.

2. Lignit

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, German, 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.

2.1.4 Analisis Batubara

2.1.4.1 Analisa Proksimat (Analisa Pendekatan)

Analisis proksimat batubara bertujuan untuk menentukan kadar *moisture* (air dalam batubara) kadar *moisture* ini mencakup pula nilai *free moisture* serta *total moisture*, *ash* (debu), *volatile matters* (zat terbang), dan *fixed carbon* (karbon tertambat). *Moisture* ialah kandungan air yang terdapat dalam batubara sedangkan abu (*ash*) merupakan kandungan residu *non-combustible* yang umumnya terdiri dari senyawa-senyawa silika dioksida (SiO_2), kalsium oksida (CaO), karbonat dan mineral-mineral lainnya.

Volatile matters adalah kandungan batubara yang terbebaskan pada temperatur tinggi tanpa keadaan oksigen (misalnya C_xH_y , H_2 , SO_x dan sebagainya). *Fixed carbon* ialah kadar karbon tetap yang terdapat dalam batubara setelah *volatile matters* dipisahkan dari batubara. Kadar *fixed carbon* ini berada dengan kadar karbon (C) hasil analisis ultimat karena sebagian karbon berikatan membentuk senyawa hidrokarbon *volatile*.

2.1.4.2 Analisa Ultimat (Analisa Elementer)

Analisa Ultimat dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan sulfur (S) dalam batubara. Seiring dengan perkembangan teknologi, analisis ultimat batubara sekarang sudah dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Analisa ultimat ini sepenuhnya dilakukan oleh alat yang sudah terhubung dengan komputer. Prosedur analisa ini cukup ringkas, cukup dengan memasukkan sampel batubara ke dalam alat dan hasil analisis akan muncul kemudian pada layar komputer. Komposisi batubara berdasarkan peringkat terdapat pada gambar 2.

	<----- <i>Low Rank</i> ----->		<----- <i>High Rank</i> ----->	
<i>Rank :</i>	<i>Lignite</i>	<i>Subbituminous</i>	<i>Bituminous</i>	<i>Anthracite</i>
<i>Age :</i>	----- increases -----			>
<i>%Carbon:</i>	65-70	72-76	76-90	90-95
<i>% Hydrogen :</i>	~5	----- decreases -----		~2
<i>% Nitrogen :</i>	<	----- ~1-2 -----		>
<i>% Oxygen :</i>	~30	----- decreases -----		~1
<i>% Sulfur :</i>	~0	----- increases -----	~4	----- decreases ----- ~0
<i>% Water :</i>	70-30	30-10	10-5	~5
<i>Heating value (BTU/lb) :</i>	~7000	~10,000	~12,000-15,000	~15,000

Sumber : *Energy and The Environment*, 2003.

Gambar 2. Komposisi Batubara Berdasarkan Peringkat

2.1.4.3 Analisa Lain-Lain

Analisa lain-lain adalah analisa untuk menentukan *calorific value* (nilai kalor), total sulfur (kandungan sulfur/TS), susunan kandungan abu (*ash analisis*), titik leleh abu (*ash fusion temperature/AFT*), *hardgrove grindability index* (HGI) dan lain-lain.

Berdasarkan *fixed carbon*, *volatile matter* dan *heating value* peringkat batubara menurut ASTM dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. ASTM Specifications For Solid Fuels

Class	Group		Fixed carbon	Volatile matter	Heating values
	Name	Symbol	Dry (%)	Dry (%)	Dry basis (Kcal/kg)
Anthracite	<i>meta-anthracite</i>	Ma	>98	>2	7740
	<i>Anthracite</i>	An	92-98	2.0-8.0	8000
	<i>Semiantrahracite</i>	Sa	86-92	8.0-15	8300
Bituminous	<i>low-volatile</i>	Lvb	78-86	14-22	8741
	<i>medium volatile</i>	mvb	89-78	22-31	8640
	<i>high-volatile A</i>	hvAb	<69	>31	8160
	<i>high-volatile B</i>	hvBb	57	57	6750-8160
	<i>high-volatile C</i>	hvCb	54	54	7410-8375 6765-7410
Subbituminous	<i>subbituminous A</i>	subA	55	55	6880-7540
	<i>subbituminous B</i>	subB	56	56	6540-7230
	<i>subbituminous C</i>	subC	53	53	5990-6860
Lignite	<i>lignite A</i>	ligA	52	52	4830-6360
	<i>lignite B</i>	ligB	52	52	<5250

Sumber : Krik-Othmer, Volume 6

Penyajian data kualitas batubara harus berdasarkan dasar atau basis-basis tertentu, antara lain :

1. *As Received* (ar)

As Received (ar) adalah suatu analisis yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan seperti dalam keadaan diterima atau di *sampling*.

2. *Air Dried Base* (adb)

Air Dried Base (adb) adalah suatu analisis yang dinyatakan pada basis contoh batubara dengan kandungan air dalam kesetimbangan dengan atmosfer laboratorium.

3. *Dry Based* (db)

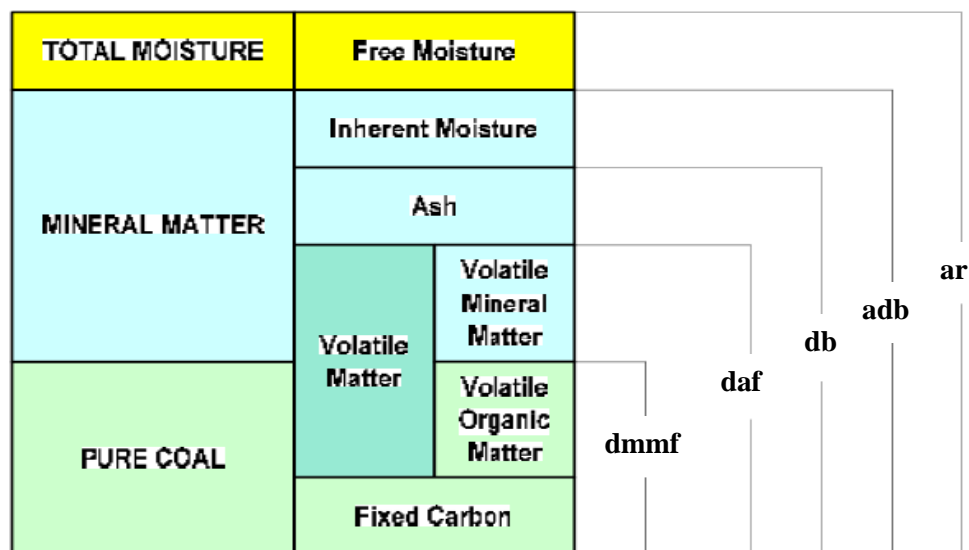
Dry Based (db) adalah suatu analisis yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total.

4. *Dry Ash Free* (daf)

Dry Ash Free (daf) adalah suatu analisis yang dinyatakan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total dan kadar abu.

5. *Dry Mineral Matter Free (dmmf)*

Dry Mineral Matter Free (dmmf) adalah suatu analisis yang dinyatakan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total dan bahan mineral. Diagram dasar analisis pengujian kualitas batubara dapat dilihat pada gambar 3.



Sumber : PTBA, 2011.

Gambar 3. Diagram Dasar Analisis Pengujian Kualitas Batubara

2.1.5 Kualitas Batubara

Kualitas batubara dapat dinyatakan dengan parameter yang ditunjukkan pada saat memberikan perlakuan panas terhadap batubara, cara ini biasa disebut analisa proksimat dan analisa ultimat. Parameter-parameter yang terukur pada analisa proksimat adalah kandungan *ash* (abu), *inherent moisture* (lengas tertambat), kadar karbon, hidrogen, sulfur, nitrogen dan oksigen. Pengujian sifat fisik batubara yang juga sering dilakukan yaitu pengujian nilai kalor (*calorific value*), indeks kegerusan *hardgrove* (*hardgrove gridability index*), analisis titik leleh abu (*ash fusion temperature*), pengujian nilai muai bebas (*free swelling index*) dan lain-lain.

1. Lengas (*Moisture*)

- a. Lengas permukaan (*free moisture*) merupakan lengas yang berada pada permukaan batubara akibat pengaruh dari luar seperti cuaca, iklim, penyemprotan di *stockpile* pada saat penimbangan atau pada saat transportasi batubara.
- b. Lengas tertambat (*inherent moisture*) merupakan nilai yang menunjukkan persentasi jumlah lengas yang terikat secara kimiawi batubara.
- c. Lengas total (*total moisture*) merupakan banyaknya air yang terkandung dalam batubara sesuai dengan kondisi diterima, baik yang terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luar seperti iklim, ukuran butiran, maupun proses penambangan.

2. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang (*volatile matter*) merupakan nilai yang menunjukkan persentasi jumlah zat-zat terbang yang terkandung didalam batubara, seperti H₂, CO, metana dan uap-uap yang mengembun seperti gas CO₂ dan H₂O. *Volatile matter* sangat erat kaitannya dengan *rank* batubara, makin tinggi kandungan *volatile matter* makin rendah kelasnya. Dalam pembakaran batubara dengan *volatile matter* tinggi akan mempercepat pembakaran karbon *fixed carbon* (karbon padat), sebaliknya bila *volatile matter* rendah mempersulit proses pembakaran. *Volatile matter* merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam klasifikasi batubara.

3. Abu (*Ash*)

Abu didalam batubara atau bisa disebut *mineral matter*, terjadi didalam batubara dapat sebagai *inherent mineral matter* atau *extraneous mineral matter*. *Inherent mineral matter* adalah berhubungan dengan tumbuhan asal pembentukan batubara, *mineral matter* ini tidak dapat dihilangkan atau dicuci dari batubara. *Extraneous mineral matter* berasal dari tanah penutup atau lapisan-lapisan yang terdapat diantara lapisan batubara. *Mineral matter* ini tidak dapat dikurangi pada saat pencucian batubara.

Kandungan abu adalah zat organik yang dihasilkan setelah batubara dibakar. Kandungan abu dapat dihasilkan dari pengotoran bawaan dalam proses pembentukan batubara maupun pengotoran yang berasal dari proses penambangan. Kandungan abu terutama sodium oksida (Na_2O) sangat berpengaruh terhadap titik leleh abu dan dapat menimbulkan pengotoran atau kerak pada peralatan pembakaran batubara.

4. Karbon Tetap (*Fixed Carbon*)

Karbon tetap merupakan karbon yang tertinggal sesudah pendeterminasian zat terbang. Dengan adanya pengeluaran zat terbang dan kandungan air, maka karbon tertambat secara otomatis akan naik sehingga makin tinggi kandungan karbonnya, kelas batubara semakin baik. Karbon tetap menggambarkan penguraian sisa komponen organik batubara dan mengandung sebagian kecil unsur kimia nitrogen, belerang, hidrogen dan oksigen atau terikat secara kimiawi. Pada dasarnya karbon padat inilah yang dapat terbakar dan menghasilkan panas. Semakin tinggi kandungan karbon padat maka semakin besar energi yang dihasilkan. Perbandingan antara karbon padat dengan zat terbang disebut *fuel ratio*. Berdasarkan *fuel ratio* tersebut dapat ditentukan derajat batubara.

5. Nilai Kalor

Nilai kalor batubara adalah panas yang dihasilkan oleh pembakaran batubara. Terdapat 2 macam nilai kalor yaitu:

- a. Nilai kalor bersih (*net calorific value*) yang merupakan nilai kalor pembakaran dimana semua air (H_2O) dihitung dalam keadaan wujud gas.
- b. Nilai kalor kotor (*gross calorific value*) yang merupakan nilai kalor pembakaran dimana semua air (H_2O) dihitung dalam keadaan wujud cair.

2.2 Batubara Lignit

Batubara lignit adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya. Lignit berasal dari kata *lignum* dari bahasa latin, yang

artinya kayu, dinamakan begitu karena warnanya yang coklat. Batubara ini memiliki nilai kalori yang rendah yang menghasilkan *gross* batubara sekitar 1500 sampai 4500 kkal/kg (adb). Batubara lignit memiliki sifat-sifat yaitu:

1. Warna hitam, sangat rapuh.
2. Nilai kalor rendah.
3. Kandungan air sedikit.
4. Kandungan abu sangat banyak.
5. Kandungan sulfur sangat banyak.

Batubara lignit sering disebut sebagai batubara kelas rendah (*low rank coal*) dan juga dikenal sebagai *brown coal*. Bentuk batubara lignit dapat dilihat pada gambar 4.



Sumber : PTBA, 2011

Gambar 4. Batubara Lignit

2.3 Biosolar

Biosolar merupakan salah satu energi terbarukan jenis bahan bakar nabati (BBN) yang dapat menggantikan bahan bakar minyak (BBM) jenis minyak solar tanpa memerlukan modifikasi pada mesin dan menghasilkan emisi yang lebih bersih. Biosolar adalah bahan bakar nabati mesin/motor *diesel* berupa ester metil asam lemak yang terbuat dari minyak nabati/hewani yang memenuhi standar mutu yang disyaratkan.

Di Indonesia standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar nabati (*biofuel*) jenis biodiesel ditetapkan dan diatur dalam Keputusan Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Nomor : 723 K/10/DJE/2013, yang mengacu pada SNI 7182:2012 Biodiesel.

Secara umum karakteristik biodiesel yaitu memiliki angka setana yang lebih tinggi dari minyak solar, dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), tidak mengandung sulfur (sangat rendah, jika ada) dan senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan lebih ramah lingkungan dari pada bahan bakar minyak jenis minyak solar. Spesifikasi biosolar dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Biosolar

Sifat	Biosolar
Densitas (g/cm^3 pada 20°C)	0,879
Titik nyala ($^\circ\text{C}$)	191
Bilangan setan (<i>cetane number</i>)	51
Kekentalan (mm^2/s pada 30°C)	4,84
Abu bersulfat (%)	0,014
Bilangan netralisasi (mg KOH/g)	0,24
Gliserin total (%)	0,088
Gliserin bebas (%)	0,015
Fosfat (ppm)	17,5
Metanol (%)	0,06

Sumber: Foidl *et al. cit.* Manurung, 2005, dan Lele, 2005

2.4 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia sebagai alat pengolah bahan-bahan makanan. Minyak goreng berfungsi sebagai media penggoreng sangat penting dan kebutuhannya semakin meningkat. Di Indonesia, minyak goreng diproduksi dari minyak kelapa sawit dalam skala besar. Hingga tahun 2010 diperkirakan produksi minyak sawit mencapai lebih dari 3 juta ton per tahun (Derom Bangun, 1998).

Umumnya minyak goreng digunakan untuk menggoreng dengan suhu minyak mencapai $200\text{-}300^\circ\text{C}$. Pada suhu ini, ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh rusak, sehingga tinggal asam lemak jenuh saja. Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang semua ikatan atom karbon pada rantai karbonnya

berupa ikatan tunggal. Risiko terhadap meningkatnya kolesterol darah tentu menjadi semakin tinggi. Selain itu, vitamin yang larut di dalamnya, seperti vitamin A, D, E, dan K ikut rusak.

Setelah digunakan, minyak goreng tersebut akan mengalami perubahan dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik akibat proses penggorengan. Perubahan fisik yang terjadi selama pemanasan menyebabkan perubahan indeks bias, viskositas, warna dan penurunan titik bakar. Perubahan sifat ini menjadikan minyak goreng tersebut tidak layak lagi digunakan sebagai bahan makanan. Oleh karena itu minyak goreng yang telah dipakai atau minyak jelantah (*waste cooking oil*) menjadi barang buangan atau limbah dari industri penggorengan.

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) banyak dihasilkan dari restoran siap saji, hotel dan industri makanan. Minyak jelantah yang sudah dipakai berulang-ulang kali menjadi lebih jenuh, sehingga titik beku dan titik asap lebih rendah daripada minyak baru karena kandungan dalam minyak jelantah sudah terurai ikatan rantai karbonnya dan mutunya sudah menurun.

Penggunaan minyak goreng jelantah secara berulang-ulang dapat membayakan kesehatan tubuh. Hal tersebut dikarenakan pada saat pemanasan akan terjadi proses degradasi, oksidasi dan dehidrasi dari minyak goreng. Proses tersebut dapat membentuk radikal bebas dan senyawa toksik yang bersifat racun. (Rukmini, 2007)

2.5 Metode *Upgrading Brown Coal* (UBC)

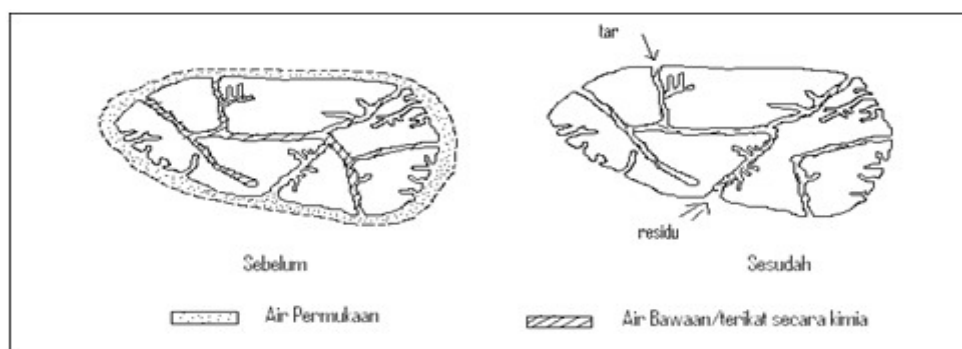
Upgrading merupakan proses peningkatan nilai kalori batubara kalori rendah melalui penurunan kadar air lembab dalam batubara. Air yang terkandung dalam batubara terdiri dari air bebas (*free moisture*) dan air lembab (*inherent moisture*). Air bebas adalah air yang terikat secara mekanik dengan batubara pada permukaan dalam rekahan atau kapiler yang mempunyai tekanan uap normal. Adapun air lembab adalah air terikat secara fisik pada struktur pori-pori bagian dalam batubara dan mempunyai tekanan uap yang lebih rendah dari pada tekanan normal.

Kandungan air dalam batubara baik air bebas maupun air lembab merupakan faktor yang merugikan karena memberikan pengaruh yang negatif terhadap proses pembakarannya. Penurunan kadar air dalam batubara, dapat dilakukan dengan cara mekanik atau perlakuan panas. Pengeringan cara mekanik efektif untuk mengurangi kadar air bebas dalam batubara basah, sedangkan penurunan kadar air lembab harus dilakukan dengan cara pemanasan atau penguapan.

Proses UBC dilakukan pada temperatur sekitar 150°C sehingga pengeluaran tar dari batubara belum sempurna. Untuk itu perlu ditambahkan zat aditif sebagai penutup permukaan batubara, seperti kanji, tetes tebu (mollase), slope pekat (*fuse oil*), dan minyak residu.

Minyak residu yang merupakan senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan sifat kimia tersebut, minyak residu 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 yang terbuka untuk jangka waktu yang cukup lama (Couch, 1990).

Di sisi lain minyak goreng bekas (jelantah) yang merupakan buangan berbagai macam proses memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan bahan bakar karena memiliki kandungan atom karbon dan hidrogennya yang tinggi, setara dengan minyak residu yang digunakan dalam *Upgrading Brown Coal* (UBC) Prinsip dari proses UBC dapat dilihat pada gambar 5.



Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara "tekMIRA"

Gambar 5. Prinsip *Upgrading Brown Coal* (UBC)

2.6 Adsorpsi

Definisi adsorpsi menurut G. Bernasconi adalah pengikatan bahan pada permukaan sorben padat dengan cara pelekatan. Adsorpsi merupakan proses pengumpulan substansi-substansi tertentu kedalam permukaan bahan penyerap (adsorben). Partikel atau material yang diserap disebut adsorbat dan yang berfungsi sebagai penyerap disebut adsorben. Kebanyakan zat pengadsorpsi atau adsorben adalah bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikel itu. Oleh karena itu pori-pori biasanya sangat kecil, luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dari permukaan luar.

Mekanisme adsorpsi dipengaruhi oleh gaya tarik-menarik antara ion-ion dalam adsorben (batubara) yang mengandung ion negatif dalam minyak residu yang mengandung ion positif sehingga terjadi pengikatan dipermukaan adsorben. Semakin lama proses adsorpsi, maka semakin banyak adsorbat yang diserap adsorben dan sebaliknya. (Ardhika, 2006).

Pemisahan terjadi karena perbedaan berat molekul atau perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan lebih erat daripada molekul-molekul lainnya, atau karena pori-pori terlalu kecil untuk melewati molekul-molekul yang lebih besar. Kebanyakan zat pengadsorpsi atau adsorben yang digunakan berupa zat padat dalam bentuk butiran besar sampai yang halus (diameter pori sebesar 0,0003-0,02 mikrometer) atau bahan yang sangat berpori (Bernasconi, 1995).

Penyerapan konsentrat adsorbat dalam larutan oleh adsorpsi fisik adsorben terbagi menjadi beberapa tahap :

1. Difusi permukaan adsorben. Adsorbat bergerak menuju ke permukaan adsorben dan mengelilinginya yang disebabkan adanya difusi molekular.
2. Perpindahan molekul adsorbat ke pori- pori adsorben.

Adsorbat bergerak ke pori-pori adsorben yaitu tempat dimana adsorpsi akan terjadi.

3. Tahap akhir dari adsorpsi. Setelah adsorbat berada pada pori-pori adsorben, maka proses adsorpsi telah terjadi antara adsorpsi molekul adsorbat dan molekul adsorben. (McCabe jilid I, 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi :

1. Sifat-sifat fisik adsorben

- Luas permukaan adsorben : semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang diserap.
- Ukuran partikel adsorben : ukuran butir batubara dibatasi pada rentang butir halus dan butir kasar. Butir paling halus untuk ukuran <3 mm, sedang ukuran paling kasar sampai 50 mm. (Sukandarrumidi, 1995).
Peningkatan nilai kalor batubara dari peringkat rendah telah diteliti oleh Kobe Steel Ltd dengan ukuran batubara yang digunakan sebesar <2mm.
- Ukuran pori-pori adsorben : ukuran pori-pori adsorben akan mempengaruhi laju kecepatan perpindahan molekul-molekul adsorbat ke permukaan adsorben. Apabila ukuran pori-pori adsorben semakin besar maka perpindahan molekul-molekul adsorbat semakin cepat.

2. Sifat-sifat fisik adsorbat diantaranya ukuran molekul adsorbat, adanya tarik menarik antar partikel adsorben dan adsorbat semakin besar jika ukuran molekul adsorbat mendekati atau sedikit lebih kecil dari ukuran rongga adsorbennya.

3. Karakteristik dari cairan

- Temperatur
Temperatur akan mempengaruhi kemampuan reaksi viskositas cairan serta gaya interaksi antar molekul dengan partikel adsorben. Dari peneliti terdahulu disebutkan bahwa semakin tinggi temperatur larutan berlangsung maka semakin kecil daya serap adsorben dan sebaliknya. Ini disebabkan ukuran partikel adsorbat memuai dan viskositas larutan berkurang karena temperatur yang tinggi. (Maslakhah, 2004).
- pH dan konsentrasi dari zat terserap

Pada proses adsorpsi terjadi penurunan konsentrasi zat terserap dalam liquid, yang menyebabkan pH dari *liquid* naik. Dengan naiknya pH ini maka akan mempersulit proses penyerapan berikutnya.

4. Waktu dan lama proses adsorpsi

Semakin lama waktu proses adsorpsi berlangsung maka semakin lama pula waktu kontak antara fase terserap dengan adsorben sehingga zat terserap semakin besar. (Ardhika, 2006).

Pengaruh kondisi operasi dalam proses adsorpsi batubara:

1. 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 untuk proses adsorpsi antara 30 – 90 menit. (Hartiniati, 2003).

2. Temperatur reaksi

Temperatur memegang peranan utama dalam proses adsorpsi, semakin tinggi temperatur proses, semakin tinggi persen penurunan kadar air dalam batubara. (Tekmira, 2003).

3. Pengadukan

Pengadukan akan mempengaruhi proses difusi dari adsorpsi. Dimana perbedaan konsentrasi, yaitu perbedaan antara konsentrasi bahan yang akan diadsorpsi dalam campuran dan konsentrasi bahan tersebut dalam adsorben. Untuk memperoleh dan mempertahankan perbedaan konsentrasi yang besar maka penggunaan adsorben segar (belum terbebani) dan pencampuran yang baik antara kedua fasa, misalnya dengan pengadukan mutlak diperlukan. Pengadukan yang digunakan biasanya berputar dengan kecepatan antara 20 dan 100 put/min. (Bernasconi, 1995).

Berdasarkan type gaya antara molekul fluida dan molekul solid maka adsorpsi dibedakan menjadi adsorpsi fisika (*van der Waals adsorption*) dan adsorpsi kimia (*activated adsorption*) :

a. Adsorpsi Fisika

Gaya keterikatan antara molekul adsorben dan molekul adsorbat sangat lemah. Gaya yang berlangsung mempunyai ciri-ciri seperti gaya van der Waals. Molekul-molekul adsorbat sangat mudah ditarik oleh adsorben, tetapi juga mudah kembali ke larutan sehingga proses adsorpsi fisika sering dikatakan *reversible*. Proses adsorpsi fisika banyak digunakan untuk menurunkan kandungan atau konsentrasi zat-zat dalam suatu larutan.

b. Adsorpsi Kimia

Proses adsorpsi kimia hampir selalu *irreversible*. Gaya keterikatan antara molekul adsorben dan molekul adsorbat adalah sangat kuat. Adsorpsi kimia menghasilkan suatu pembentukan monomolecular adsorbat pada molekul adsorben. Adsorben untuk adsorpsi fisika adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori yang halus pada padatan tersebut. Biasanya luasnya berada dalam orde 200-1000 m²/g adsorben. Jika bahan yang akan diadsorpsi tidak hanya mengadakan ikatan fisik dengan adsorben, melainkan juga ikatan kimia maka hal itu disebut sebagai adsorpsi kimia. (Bernasconi, 1995).