

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara merupakan salah satu bahan galian dari alam. 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, 2007).

Pola yang terlihat dari proses perubahan bentuk tumbuh – tumbuhan hingga menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan batubara. Dimana tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedangkan tingkatan Yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen (Yunita, 2000).

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 pembatubaraan (*coalification*) merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan

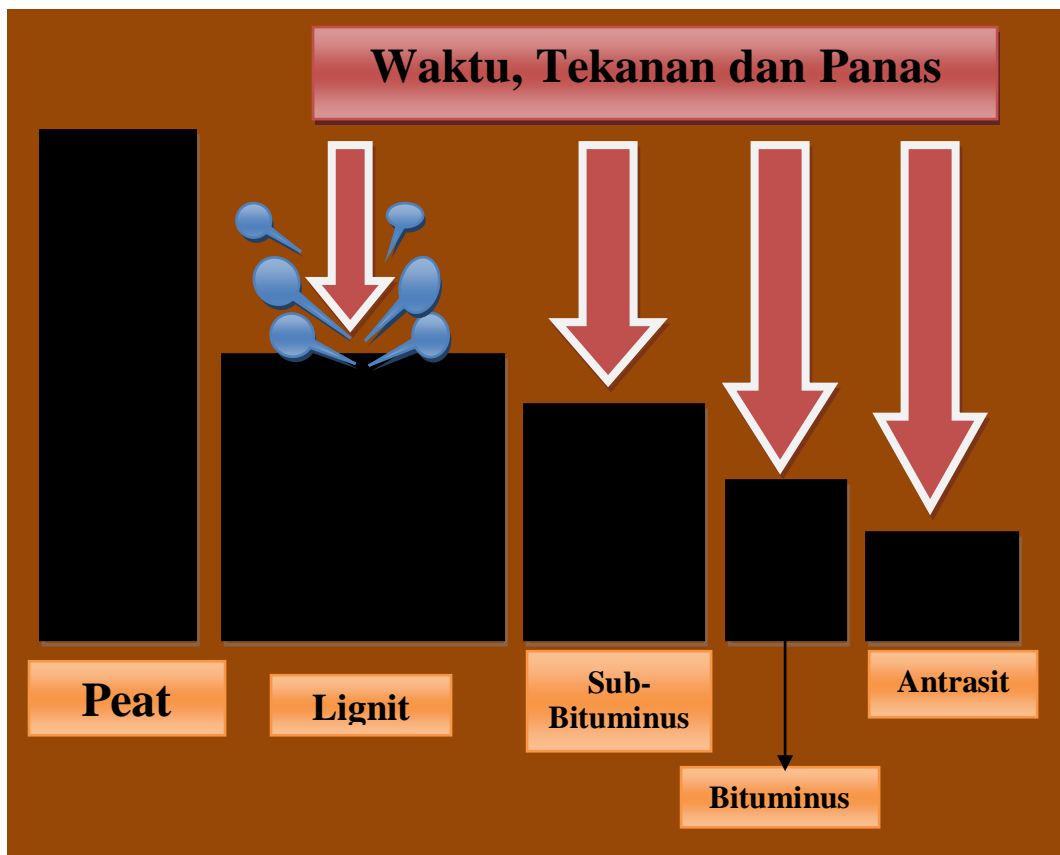
temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan sedimen yang menutupinya dalam kurun waktu geologi. Pada tahap tersebut, persentase karbon akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang sehingga menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat maturitas material organik (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 di tempat 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). Proses pembentukan batubara dapat dilihat pada Gambar 1.



(Sumber : Rusnadi, 2014)

Gambar 1. Proses Pembentukan Batubara

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.

2.1.2 Klasifikasi Batubara

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu batubara umumnya dibagi dalam lima kelas: gambut, lignit, sub-bitumus, bituminus, dan antrasit.

1. Gambut

Berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

2. Lignit

Lignit merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara. Lignit adalah batubara yang berwarna coklat kehitaman dan memiliki tekstur seperti kayu.

3. Sub-bituminus

Batubara jenis ini merupakan peralihan antara jenis lignit dan bituminus. Batubara jenis ini memiliki warna hitam yang mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah. Sifat-sifat tersebut menunjukkan bahwa batubara jenis sub-bituminus ini merupakan batubara tingkat rendah.

4. Bituminus

Batubara jenis ini merupakan batubara yang berwarna hitam dengan tekstur ikatan yang baik. Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya.

5. Antrasit

Antrasit merupakan batubara paling tinggi tingkatan yang mempunyai kandungan karbon lebih dari 93% dan kandungan zat terbang kurang dari 10%. Antrasit umumnya lebih keras, kuat dan seringkali berwarna hitam mengkilat seperti kaca (Yunita, 2000). Berdasarkan *fixed carbon*, *volatile matter* dan *heating value* peringkat batubara menurut ASTM dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. ASTM Specification For Solid Fuel

Class	Group		Fixed	Volatile	Heating
	Name	Symbol	carbon	matter	values
			Dry	Dry	Drybasis
			(%)	(%)	(kkal/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 : Mutasim., 2007

2.1.3 Analisa Batubara

Secara garis besar, analisis dan pengujian batubara dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu :

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*(abu), *volatile matters* (zat terbang), dan *fixed carbon* (karbon tertambat). *Moisture* ialah kandungan air yang terdapat dalam batubara sedangkan *ash* (abu) merupakan kandungan residu *non-combustible* yang

umumnya terdiri dari senyawa-senyawa silika oksida (SiO_2), kalsium dioksida (CaO), karbonat, dan mineral-mineral lainnya.

Volatile matters adalah kandungan batubara yang terbebaskan pada temperatur tinggi tanpa keadaan oksigen (misalkanya 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. Analisa Ultimat (Analisa Elementer)

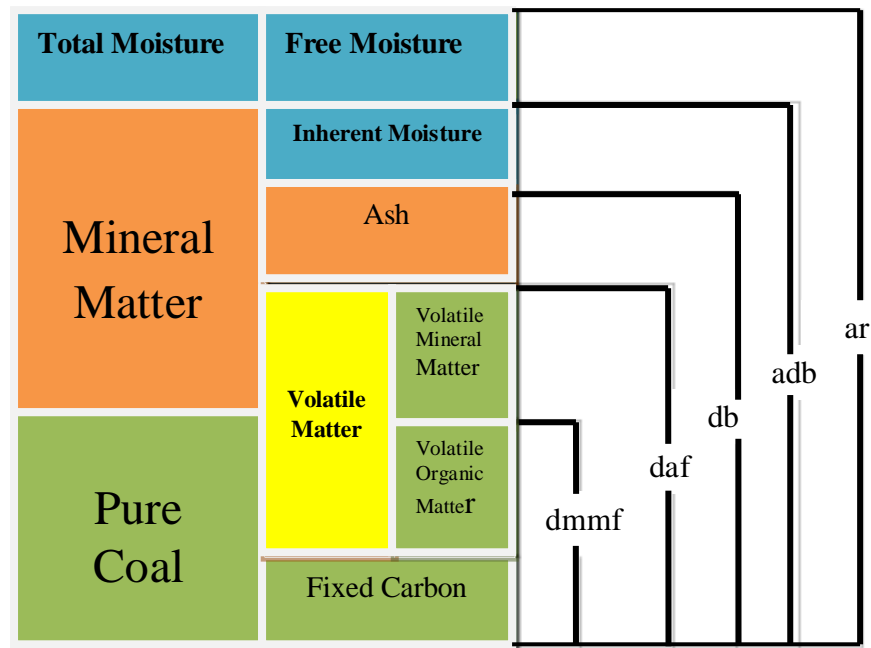
Analisa Ultimat dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S) dalam batubara. Seiring dengan perkembangan teknologi, analisis ultimat batubara sekarang sudah dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Analisa ultimat ini sepenuhnya dilakukan oleh alat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

3. Analisa Lain-Lain

Analisa lain-lain adalah analisa untuk menentukan *calorific value* (nilai kalor), total sulfur, *ash* (susunan kandungan abu), *ash fusion temperature* (AFT) (titik leleh abu), *hardgrove grindability index* (HGI) dan lain-lain. Penyajian data kualitas batubara harus berdasarkan dasar atau basis-basis tertentu, antara lain :

- a. *As Received* (ar), adalah suatu analisis yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan seperti dalam keadaan diterima.
- b. *Air Dried Base* (adb), adalah suatu analisis yang dinyatakan pada basis contoh batubara dengan kandungan air dalam kesetimbangan dengan atmosfer laboratorium.
- c. *Dry Based* (db), adalah suatu analisis yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total.

- d. *Dry Ash Free (daf)*, adalah suatu analisis yang dinyatakan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total dan kadar abu.
- e. *Dry Mineral Matter Free (dmmf)*, adalah suatu analisis yang dinyatakan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total dan bahan mineral. Dasar analisis pengujian kualitas batubara dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber : PTBA., 2011

Gambar 2. Diagram Dasar Analisis Pengujian Kualitas Batubara

2.1.4 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 abu (*ash*), lengas tertambat (*inherent moisture*), kadar karbon, hidrogen, sulfur, nitrogen dan oksigen.

Pengujian sifat fisik batubara yang juga sering dilakukan yaitu pengujian nilai kalor (*calorific value*), indeks kegerusan hirdgrove (*hirdgrove gridability index*), analisis titik leleh abu (*ash fusion temperature*), pengujian

nilai muai bebas (*free swelling index*) dan lain-lain.

1. Lengas

- a. Lengas permukaan merupakan lengas yang berada pada permukaan batubara akibat pengaruh dari luar seperti cuaca, iklim, penyemprotan di *stock pile* pada saat penimbangan atau pada saat transportasi batubara.
- b. Lengas tertambat (*inherent moisture*) merupakan nilai yang menunjukkan persentase jumlah lengas yang terikat secara kimiawi batubara.
- c. Lengas total 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

Zat terbang (*volatile matter*) merupakan nilai yang menunjukkan persentase jumlah zat-zat terbang yang terkandung di dalam batubara, seperti H₂, CO, metana dan uap-uap yang mengembun seperti gas CO₂, dan H₂O. *Volatile matter* sangat erat kaitannya dengan peringkat batubara, makin tinggi kandungan *volatile matter* makin rendah kelasnya.

Dalam pembakaran batubara dengan *volatile matter* tinggi akan mempercepat pembakaran *fixed carbon* (karbon tetap). Sebaliknya bila *volatile matter* rendah mempersulit proses pembakaran. *Volatile matter* merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam klasifikasi batubara dan dipakai sebagai parameter dalam penentuan proporsi *blending* (pencampuran).

3. Abu

Abu di dalam batubara atau disebut *mineral matter* yaitu yang dapat dicuci dari batubara *extraneous mineral matter* yang tidak dapat dicuci atau dihilangkan dari 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 (Na_2O) sangat berpengaruh terhadap titik leleh abu dan dapat menimbulkan pengotoran atau kerak pada peralatan pembakaran batubara.

4. Karbon tetap (*fixed carbon*)

Fixed carbon merupakan karbon yang tertinggal sesudah pendeterminasian zat terbang. Dengan adanya pengeluaran zat terbang dan kandungan air maka, karbon tetap 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. Perbandingan antara karbon tetap 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 setiap satuan berat batubara pada kondisi standar. 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 3.



Gambar 3. Bentuk Batubara Lignit

2.3 Minyak Goreng Bekas (Jelantah)

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk menggoreng bahan makanan. Minyak goreng yang telah dipakai untuk memasak sudah dapat dikatakan sebagai minyak jelantah.

Penggorengan pada suhu tinggi dan pemakaian berulang akan merusak ikatan rangkap pada asam lemak. Perubahan fisik yang terjadi selama pemanasan menyebabkan perubahan indeks bias, viskositas, warna dan penurunan titik bakar. Keadaan tersebut menyebabkan penerimaan panas oleh minyak menjadi lebih cepat sehingga waktu yang dibutuhkan saat minyak mulai dipanaskan hingga mencapai titik bakar menjadi lebih cepat pada frekuensi menggoreng berikutnya.

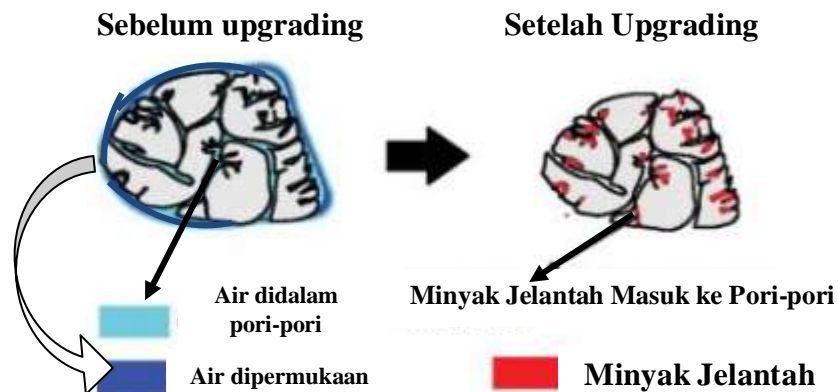
Akibat reaksi kompleks pada minyak, ikatan asam lemak tak jenuh berubah menjadi jenuh. Semakin tinggi kandungan asam lemak jenuh pada minyak menandakan semakin menurunnya mutu dari minyak tersebut.

Bertambah tingginya kadar asam lemak jenuh dan suhu penggorengan menyebabkan semakin tinggi nilai kalor karena jumlah atom karbonnya bertambah (Priskila Siswantika, 2011).

2.4 Metode *Upgrading*

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 (*freemoisture*) dan air lembab (*inherentmoisture*). 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.

UBC adalah teknik memanaskan dan membuang air (*dewatering*) pada batubara di dalam media minyak yang bahan utamanya adalah minyak ringan (*light oil*), dan bersamaan dengan itu mengabsorpsikan minyak berat (*heavy oil*) seperti aspal secara selektif ke dalam pori – pori batubara. Minyak berat tadi sebelumnya ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam media minyak, kurang lebih 0.5wt% (*air dried base*). Melalui pemrosesan di dalam media minyak ini, tidak hanya kalorinya yang naik, tapi muncul pula sifat anti air (*water-repellent characteristic*) dan penurunan kecenderungan swabakar (*lower spontaneous combustion propensity*) pada produk yang dihasilkannya. Prinsip dari proses UBC dapat dilihat pada Gambar 5.



(Sumber: JCOAL Journal Vol 5, Sep 2006, hal 16)

Gambar 4. Prinsip UBC

Proses upgrading sangat sederhana karena temperatur dan tekanan yang digunakan lebih rendah, yaitu 150 – 160^oC dengan tekanan 350 Kpa (Couch, 1990).

2.5 Adsorpsi

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 :

a. Difusi permukaan adsorben.

Adsorbat bergerak menuju ke permukaan adsorben dan mengelilinginya yang disebabkan adanya difusi molekular.

b. Perpindahan molekul adsorbat ke pori- pori adsorben.

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

c. Tahap akhir dari adsorpsi.

Setelah adsorbat berada pada pori-pori adsorben, maka proses adsorpsi telah terjadi antara adsorpsi molekul adsorbat dan molekul adsorben. (Mc Cabe jilid I, 1999).

Faktor – faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi :

1. Sifat – sifat fisik adsorben

a. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang diserap.

b. 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 (Sukandar rumidi, 1995). Peningkatan nilai kalor batubara dari

peringkat rendah telah diteliti oleh Kobe Steel Ltd dengan ukuran batubara yang digunakan sebesar $<2\text{mm}$.

c. 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.

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

a. Temperatur.

Temperatur akan mempengaruhi kemampuan reaksi viskositas cairan serta gaya interaksi antar molekul dengan partikel adsorben. Berdasarkan 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).

b. Konsentrasi dan pH 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. Lama waktu 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:

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

b. Temperatur reaksi

Temperatur memegang peranan utama dalam proses adsorpsi. Pada proses *slurry dewatering*, dengan kecepatan umpan batubara 200 kg/jam, menunjukkan makin tinggi temperatur proses makin tinggi persen penurunan kadar air dalam batubara (Tekmira, 2003).

c. 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 (yaitu yang 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 tipe gaya antara molekul fluida dan molekul *solid* maka adsorpsi dibedakan menjadi adsorpsi fisika (*van der walls 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 walls*. 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).