

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batubara Subbituminus**

Batubara subbituminus memiliki kandungan karbon dan energi yang rendah, kadar air, zat volatile dan mineral anorganik yang tinggi. Sehingga pemanfaatannya sebagai sumber energi menjadi tidak menguntungkan sebagian energi yang dihasilkan dipakai menguapkan air dan mengurangi energi bersih yang diperoleh. Mencari alternatif pemanfaatan batubara subbituminus yang berlimpah di alam perlu dilakukan. Salah satu pemanfaatan batubara subbituminus adalah sebagai adsorben karbon aktif pada pengolahan limbah.

Indonesia termasuk negara dengan sumber tambang batubara terbesar di dunia. Cadangannya diperkirakan 36,3 milyar ton. Hanya saja 50-85 persennya berkualitas rendah. Ini dilihat dari nilai kalori pembakaran yang rendah dan kadar sulfur serta airnya yang tergolong tinggi. Karena itu, batubara subbituminus tidak ekonomis digunakan sebagai bahan bakar.

Ketika dibakar, banyak energi yang terbuang untuk menguapkan air, sedangkan nilai kalori yang diperoleh relatif rendah. Selain itu, kandungan sulfur yang tinggi akan menjadi gas pencemar. Karena itu diperlukan biaya tambahan untuk mengurangi emisi gas sulfur. Dengan adanya masalah tersebut, bila terdapat lapisan batubara subbituminus dalam penambangan batubara, maka penambang hanya mengambil lapisan yang berkualitas tinggi. Bila batubara subbituminus dibawa ke lokasi yang jauh dari areal tambang, maka biaya transportasinya menjadi mahal.

Unsur pembentuk batubara terdiri dari : unsur utama (C,H, O, N, S, kadang-kadang Al, Si), unsur kedua (Fe,Ca, Mg, Fe, K, Na, P, Ti), dan unsur sangat kecil berupa logam-logam berat dengan berat jenis di atas 5 g/cm<sup>3</sup> dan masing-masing berkadar sangat rendah yang dinyatakan dalam ppm (bagian per sejuta) serta jumlahnya ada sekitar 40 unsur yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Dari sejumlah logam berat tersebut, yang biasa dipertimbangkan hanya 10 unsur logam berat yaitu seperti As, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Se, Zn, Ag.

Komponen pembentuk batubara berdasarkan analisis proksimat terdiri dari: air lembab (*Moisture* = M), abu (*Ash* = A), materi mudah menguap (*Volatile Matter* = VM), karbon tertambat (*Fixed Carbon* = FC). Komponen *volatile* adalah kandungan yang mudah menguap kecuali *moisture*. Penguapan terjadi pada temperatur tinggi tanpa adanya udara (*pyrolysis*), umumnya adalah senyawa-senyawa organik, gas CO<sub>2</sub>, dan gas SO<sub>2</sub> yang terdapat pada batubara.

Secara umum batubara dapat dikategorikan berdasarkan nilai kalori, kandungan air, dan kandungan karbon seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1. Kategori Batubara dan Nilai Kalori**

No	Kategori	H <sub>2</sub> O (%)	C (%)	Kalori (Kcal/kg)
1.	<i>Lignite</i>	43,4	37,8	4113
2.	<i>Subbituminous</i>	23,4	42,4	5403
3.	<i>Bituminous</i>	11,6	54,2	7159
4.	<i>Anthracite</i>	3,2	95,6	8027

Sumber : (Considine, 1974)

Berdasarkan analisis proksimat dan nilai kalori, peringkat suatu tipe batubara digolongkan melalui sistem klasifikasi batubara, yaitu; peringkat rendah (*Low Rank Coal* = LRC) yang terdiri dari batubara jenis *lignit* dan *sub-bituminus* sampai peringkat tinggi (*High Rank Coal* = HRC) dari jenis *bituminus* dan antrasit sesuai dengan kenaikan kadar karbon dan nilai kalori. Mayoritas batubara di Indonesia berperingkat *sub-bituminous* dan *lignite* (80%) dimana karakter batubara memiliki kandungan air cukup tinggi seperti disajikan di Tabel 1.

## 2.2 Karbon Aktif

Karbon Aktif (*Activated Carbon*) adalah senyawa hasil pembakaran yang mengandung karbon dan memiliki ruang pori, dimana ruang pori tersebut berukuran sangat kecil (berdimensi atom) dan sulit digambarkan karena bentuknya sangat beragam. Efektivitas karbon aktif sangat tergantung dengan porositasnya. (Marsh dan fransisco, 2006). Pada dasarnya seluruh bahan yang mengandung karbon yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau bahan mineral

dapat dirubah menjadi arang aktif. Proses pembentukan arang aktif melalui dua tahap yaitu karbonisasi kemudian diikuti tahap aktivasi. Pada tahap karbonisasi akan menghasilkan arang aktif dengan daya absorben rendah, karena ruang pori yang dihasilkan masih kecil. Selain itu juga menghasilkan senyawa tar yang dapat menutup pori. Pada arang aktif berbahan aktif kayu, bahan aktivasi yang sering digunakan antara lain asam fosfat, seng klorida dan kalium sulfida (kurniadi dan Hasani, 1996).

Mengolah arang menjadi arang aktif pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang agar menjadi luas. Arang aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal dimana molekulnya berbentuk *amorf* yaitu merupakan pelat-pelat datar. Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dan bahan aktif (gugus hidrokarbon), maka permukaan dan pusat arang aktif menjadi luas. Hal ini mengakibatkan kemampuan absorben arang aktif juga semakin meningkat (BSN,2011).

Secara umum, ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas. karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti arang bambu kuning yang mempunyai bentuk butiran (*powder*), rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, kontaminan organik lainnya. sedangkan karbon aktif fasa gas dari material dengan berat jenis tinggi aktifitas penyerapan karbon aktif tergantung dari kandungan senyawa karbon dalam bahan, umumnya terdiri dari 85 – 95% karbon bebas. Untuk lebih jelasnya dua jenis karbon aktif yang dijelaskan diatas dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Karbon aktif fase cair dan fase gas**

### **2.2.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif**

Dasar pemilihan bahan baku dan karbon aktif yang paling menentukan adalah besar kandungan karbon pada bahan tersebut (Trihendardi,1997). Pembuatan karbon aktif berlangsung tiga tahap yaitu proses dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi.

#### **a. Proses Dehidrasi**

Proses ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai suhu 105°C selama 1 jam atau langsung terkena sinar matahari dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku. (Trihendardi,1997)

#### **b. Proses Karbonisasi**

Proses karbonisasi adalah peristiwa pirolisis bahan dimana terjadi proses dekomposisi komponen. Menurut Astuti (1990) dijelaskan bahwa secara umum proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Proses ini merupakan peristiwa lanjutan dan pemanasan bahan baku yang mencapai suhu 400-600°C (Smisek dan Cerny, 1970).

Selama proses ini unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom yang terbebaskan membentuk Kristal grafit. Proses pengkristalan dasar ini bersifat tidak teratur sehingga memungkinkan terdekomposisinya komponen-komponen bahan baku dan komponen-komponen ini tertinggal dan terkunci didalam susunan karbon amorphous. Karbonisasi melibatkan dua proses utama yaitu proses pelunakan dan penyusutan. Kedua proses ini berkaitan dengan sifat-sifat hasil akhir produk karbonisasi. Selama proses pelunakan akan terjadi pembentukan pori yang diikuti dengan dekomposisi yang sangat cepat pada interval suhu yang sangat pendek. Setelah proses pelunakan, karbon akan mulai mengeras, kemudian menyusut dimana penyusutan karbon juga memiliki peran dalam pengembangan porositas. Suhu saat pelunakan terjadi dan tingkat pelunakannya akan tergantung pada bahan dasar dan rata-rata pemanasannya. Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 (tiga) komponen pokok, yaitu karbon atau karbon, tar, dan gas (CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, dll). Untuk memperoleh karbon aktif yang baik, perlu

adanya pengaturan dan pengontrolan selama proses karbonisasi yaitu; kecepatan pertambahan temperatur, tinggi suhu akhir, dan lama karbonisasi. Tahap karbonisasi akan menghasilkan karbon yang mempunyai struktur pori lemah.

Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 (tiga) komponen pokok, yaitu karbon tar, dan gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ , dll). Untuk memperoleh karbon aktif yang baik, perlu adanya pengaturan dan pengontrolan selama proses karbonisasi yaitu, kecepatan pertambahan temperatur, tinggi suhu akhir, dan lama karbonisasi. Tahap karbonisasi akan menghasilkan karbon yang mempunyai struktur pori lemah. Oleh karena itu karbon masih memerlukan perbaikan struktur porinya melalui proses aktivasi. (Trihendardi,1997).

### **c. Proses Aktivasi**

Proses aktivasi adalah suatu perubahan fisika dimana permukaan karbon aktif menjadi jauh lebih banyak karena hidrokarbon yang terkandung dalam karbon disingkirkan (Austin, 1996). Tujuan dasar dan proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa porositas baru (Smisek dan Cerny, 1970).

Ada dua cara dalam melakukan proses aktivasi yaitu:

#### **1. Aktivasi Fisika (*Vapor Adsorben Carbon*)**

Proses aktivasi dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara kedalam reaktor pada suhu tinggi ( $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ ). Proses ini harus mengontrol tinggi suhu dan besarnya uap atau udara yang dipakai sehingga dihasilkan karbon aktif dengan susunan karbon yang padat dan pori yang luas.

#### **2. Aktivasi Kimia (*Chemical Impregnating Agent*)**

Metode ini dilakukan dengan cara merendam bahan baku pada bahan kimia ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , dan banyak lainnya. sebelum proses karbonisasi dan juga dapat dilakukan setelah proses karbonisasi. Proses perubahan karbon menjadi karbon aktif merupakan hasil pengolahan bahan kimia pada suhu tinggi. Dibawah ini terdapat gambar sketsa karbon sebelum dan sesudah diaktivasi, seperti pada gambar 2 dibawah ini.



**Gambar 2. Sketsa Karbon Sebelum dan Sesudah di Aktivasi**

### 2.2.2 Standar Kualitas Karbon Aktif

Kualitas karbon aktif dipengaruhi oleh jenis bahan baku. Bahan baku yang keras mempunyai berat jenis tinggi sehingga akan menghasilkan daya serap yang tinggi dibandingkan dengan bahan baku yang ringan dan mempunyai berat jenis rendah. Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan persyaratan mutu dari karbon aktif.

Tabel 2. Syarat Mutu Karbon Aktif Menurut Standar Industri Indonesia

Jenis Uji	Persyaratan
Rendemen arang	Min 80%
Kadar air	Max 15
Kadar abu	Max 10
Daya serap terhadap iodin	Min 750 mg/gr

*Sumber:* Standar Industri Indonesia (SII-0258-79)

#### a. Rendemen

Penetapan rendemen karbon aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon aktif yang dihasilkan setelah melalui proses karbonisasi. Karbon aktif yang baik akan memberikan nilai rendemen yang tinggi, terdapatnya rendemen yang rendah dapat disebabkan oleh masih meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas serta banyaknya jumlah senyawa zat menguap terlepas.

**b. Kadar Air**

Kandungan air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam karbon aktif setelah bahan baku berkarbon melalui tahapan karbonisasi dan aktivasi kimia, baik yang terikat secara kimiawi maupun akibat pengaruh kondisi luar seperti iklim, ukuran butiran maupun proses penyaringan.

**c. Kadar Abu**

Abu didalam karbon aktif merupakan kadar *mineral matter* yang terkandung didalamnya yang tidak terbakar pada proses karbonisasi dan tidak terpisah pada proses aktivasi.

**d. Daya Serap**

Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan. Penyerapan zat terlarut oleh zat padat bersifat selektif yaitu yang diserap hanya zat terlarut atau pelarut. Telah diketahui, bahwa beberapa jenis karbon dapat menyerap sejumlah gas tertentu atau menyerap zat-zat warna dan larutan. Peristiwa penyerapan ini disebut adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap. Peristiwa adsorpsi ini disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul dipermukaan adsorben. Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap ditempatkan didalam suatu hamparan tetap, lalu fluida dialirkan melalui hamparan itu sampai zat padat itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat lagi berlangsung. Kemudian aliran tersebut dipindahkan ke hamparan kedua sampai adsorben jenuh tadi dapat diganti atau diregenerasi.

Kebanyakan *zat* pengadsorpsi atau adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan absorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikel itu. Oleh karena itu pori-pori itu biasanya sangat kecil sehingga luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dan permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat dan pada molekul-molekul lainnya.

Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi atau adsorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dan fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen yang lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni.

Kebanyakan *zat* pengadsorpsi atau adsorben adalah bahan-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 itu biasanya sangat kecil sehingga luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar dan permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat dan pada molekul-molekul lainnya. Dalam kebanyakan hal, komponen yang diadsorpsi atau adsorbat melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dan fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen yang lain. Regenerasi adsorben dapat dilaksanakan kemudian untuk mendapatkan adsorbat dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni.

### **2.2.3 Pemakaian Karbon Aktif**

#### *a. Recovery of Solvent*

Digunakan untuk memurnikan pelarut sehingga bisa digunakan kembali, biasanya pelarut tersebut merupakan pelarut yang mahal dan dibutuhkan dalam jumlah banyak, seperti: pemisahan larutan alkohol dan proses pembuatan selulosa, benzena dan proses ekstraksi dan ester dan pembuatan plastik.

#### *b. Deodorization of Air*

Berbagai proses di industri banyak menghasilkan buangan gas yang berbau tak sedap, berbagai metode dipakai untuk mengembalikan udara yang bersih ke atmosfer agar tidak mencemari lingkungan, dalam kaitannya dengan fungsi karbon aktif maka dipakailah metode resirkulasi udara setelah udara ini disaring melalui filter yang berupa karbon aktif.



*c. Respirator*

Fungsinya sebagai penyerap gas adsorben sangatlah efektif maka karbon aktif juga digunakan sebagai penyaring gas pada masker gas yang biasa dipakai pada saat perang dunia, namun kini juga telah banyak digunakan di laboratorium-laboratorium kimia.

*d. Industri Gula*

Di industri gula karbon aktif digunakan untuk menghilangkan warna dan kotoran dalam larutan gula, sehingga dapat menghasilkan kristal-kristal gula yang berwarna putih.

*e. Pengolahan Air Minum*

Air minum yang dihasilkan dan sumber air bersih masih sering mengandung rasa dan bau yang tidak diinginkan. Untuk itu digunakan karbon aktif sehingga bau dan rasa yang masih terkandung didalam air tersebut dapat dihilangkan.

*f. Industri Kimia dan Farmasi*

Karbon aktif digunakan untuk memurnikan bahan kimia seperti asam nitrat, penisilin, streptomisin, dan bahan kimia lainnya. Karbon aktif akan menyerap bahan atau zat asing dan larutan dan penambahan karbon aktif ini dilakukan sebelum terjadi pengkristalan sehingga akan menghasilkan kristal yang murni dan baik bentuknya. Karbon aktif merupakan bahan yang multifungsi dimana hampir sebagian semua telah dipakai penggunaannya oleh berbagai macam jenis industri.

### **2.3 Adsorpsi**

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya. Definisi lain menyatakan adsorpsi sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. Adsorpsi adalah penggumpalan dari

adsorbat diatas permukaan adsorben, sedang absorpsi adalah penyerapan dari adsorbat kedalam adsorben dimana disebut dengan fenomena sorption. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben.

Menurut Kipling (1965), ada 2 jenis adsorpsi :

a. Adsorpsi fisika

Adsorpsi jenis ini bersifat reversibel, berlangsung secara cepat dengan penyerapan kalor kecil, interaksi yang dianggap hanya menghasilkan gaya van der Waals dan terjadi pada semua proses adsorpsi berlangsung pada temperatur rendah.

Berhubungan dengan gaya *Van der Waals*. Apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi ini mirip dengan proses kondensasi dan biasanya terjadi pada temperatur rendah pada proses ini gaya yang menahan molekul fluida pada permukaan solid relatif lemah, dan besarnya sama dengan gaya kohesi molekul pada fase cair (*gaya van der Waals*) mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, yaitu sekitar 2.19-21.9 kJ/mol. Keseimbangan antara permukaan solid dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel.

b. Adsorpsi Kimia

Terjadi dalam bentuk reaksi kimia, membutuhkan energi aktivasi. Kalor penyerapan tinggi karena reaksi-reaksi yang membentuk reaksi kimia. Waktu penyerapan lebih lama dari adsorpsi secara fisika dan sulit diregenerasi. Adsorpsi kimia yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dengan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi ini bersifat spesifik dan melibatkan gaya yang jauh lebih besar daripada adsorpsi fisika.

Panas yang dilibatkan adalah sama dengan panas reaksi kimia. Menurut Langmuir, molekul teradsorpsi ditahan pada permukaan oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia maka pada permukaan adsorbent akan terbentuk suatu lapisan atau layer, dimana terbentuknya lapisan tersebut akan menghambat proses

penyerapan selanjutnya oleh batuan adsorbent sehingga efektifitasnya berkurang. Untuk perbedaan adsorpsi fisika dan kimia ini dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

**Tabel 3. Perbedaan antara adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia**

<b>Adsorpsi Fisik</b>	<b>Adsorpsi Kimia</b>
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya <i>van der walls</i>	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi $\pm 4$ sampai $\pm 40$ kj/mol	Mempunyai entalpi reaksi sekitar $\pm 40$ sampai $\pm 800$ kj/mol
Membentuk lapisan <i>multilayer</i> dibawah titik didih adsorbat	Membentuk lapisan <i>monolayer</i> terjadi pada suhu tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

*Sumber* : Atkin, 1999: 437-438

### 2.3.1 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap, yaitu :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*)
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/ pori dalam adsorben (*pore diffusion process*)
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya) (reynolds dalam Mauris, 2011).

Operasi dari proses adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Proses adsorpsi dilakukan dalam bentuk bak dengan sistem pengadukan, dimana penyerap yang biasanya terbentuk serbuk dibubuhkan, dicampur dan diaduk dengan air dalam suatu bangunan sehingga terjadi penolakan antara partikel penyerap dengan fluida.
2. Proses adsorpsi yang dijalankan dalam suatu bejana dengan sistem filtrasi, dimana bejana yang berisi media penyerap di alirkan air dengan model pengaliran gravitasi. Jenis media penyerap sering digunakan dalam bentuk bongkahan atau butiran/granular dan proses adsorpsi biasanya terjadi selama air berada didalam media penyerap (Reynold dalam Mauris, 2011).

### **2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi**

#### **1. Karakteristik adsorban**

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting abu terbang yang mengandung silika sesuai dengan fungsinya sebagai adsorban. Ukuran partikel silika mempunyai tingkat adsorpsi, tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan silika bubuk lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan silika granular. Kapasitas total adsorpsi silika tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel silika tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh sebab itu silika bentuk bubuk halus dan silika bentuk granular dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang berbeda.

#### **2. Kelarutan adsorbat**

Senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutannya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

#### **3. Ukuran molekul adsorbat**

Tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehid atau alkohol naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik-menarik antara molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin besar mendekati ukuran pori. Tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori cukup besar untuk dilewatkan oleh molekul.

#### 4. pH

Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

#### 5. Temperatur

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur (benefield dalam Mauris, 2011).

### 2.4 Logam Seng (Zn)

Seng dengan nama kimia Zink dilambangkan dengan Zn. Sebagai salah satu unsur logam berat Zn mempunyai nomor atom 30 dan memiliki berat atom 65,39. logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150°C. Zn melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C (Palar, 1994 dalam Al-Harisi, 2008). Zn dalam pemanasan tinggi akan menimbulkan endapan seperti pasir. Zn diperlukan tubuh untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat menjadi racun (Slamet, 1994 dalam Al-Harisi, 2008).

#### 2.4.1 Keberadaannya di alam

Seng (Zn) adalah komponen alam yang terdapat di kerak bumi. Zn adalah logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih-kebiruan, pudar bila terkena uap udara, dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Zn dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam. Seng (Zn) di alam tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Mineral yang mengandung Zn di alam bebas antara lain kalaminit, franklinite, smitkosonit, willenit, dan zinkit (Widowati et al, 2008).

#### 2.4.2 Kegunaan

Seng adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena beberapa hal, diantaranya :

1. Zink dalam bentuk oksida digunakan untuk industri kosmetik (mencegah kulit agar tidak kering dan tidak terbakar sinar matahari), plastik, karet, sabun, pigmen warna putih dalam cat dan tinta (ZnO).

2. Zink dalam bentuk sulfida digunakan sebagai pigmen fosfor serta untuk industri tabung televisi dan lampu pendar.
3. Zink dalam bentuk klorida digunakan sebagai deodoran dan untuk pengawetan kayu.
4. Senyawa ini juga digunakan dalam pelapisan baja dan besi untuk mencegah proses karat
5. Bahan alloy seperti kuningan, nikel-perak, logam mesin tik, dan penyepuhan listrik

### 2.4.3 Sifat Fisik dan Kimia Seng (Zn)

Lambang	: Zn
No. Atom	: 30
Golongan, periode	: <u>12</u>
Penampilan	: Abu-abu muda kebiruan
Massa Atom	: <u>65,409(4)</u> g/mol
Konfigurasi Elektron	: [ <u>Ar</u> ] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
Fase	: Padat
Massa Jenis (Suhu Kamar)	: 7,14 g/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur	: 692,68 <u>K</u> (419,53 <u>°C</u> , 787,15 <u>°F</u> )
Titik Didih	: 1180 <u>K</u>
Kapasitas Kalor	: (25 °C) 25,390 J/(mol·K)

### 2.4.4 Tingkat Bahaya Seng

Kelebihan seng (Zn) hingga dua sampai tiga kali AKG menurunkan absorpsi tembaga. Kelebihan sampai sepuluh kali AKG mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan tampaknya dapat mempercepat timbulnya aterosklerosis. Dosis konsumsi seng sebanyak 2 gram atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan yang sangat, anemia, dan gangguan reproduksi. Suplemen seng bisa menyebabkan keracunan, begitupun makanan yang asam dan disimpan dalam kaleng yang dilapisi seng. (Almatsier, 2001 dalam Anonim,2010).

Logam Zn sebenarnya tidak toksik, tetapi dalam keadaan sebagai ion, Zn bebas memiliki toksisitas tinggi. Zinc shakes atau zinc chills disebabkan oleh inhalasi Zn-oksida selama proses galvanisasi atau penyambungan bahan yang mengandung Zn. Meskipun Zn merupakan unsure esensial bagi tubuh, tetapi dalam dosis tinggi Zn dapat berbahaya dan bersifat toksik. Absorpsi Zn berlebih mampu menekan absorpsi Co dan Fe. Paparan Zn dosis besar sangat jarang terjadi. Zn tidak diakumulasi sesuai bertambahnya waktu paparan karena Zn dalam tubuh akan diatur oleh mekanisme homeostatik, sedangkan kelebihan Zn akan diabsorpsi dan disimpan dalam hati (Widowati et al, 2008).

## **2.5 Logam Besi (Fe)**

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi telah ditemukan sejak zaman dahulu dan tidak diketahui siapa penemu sebenarnya dari unsur ini.

Besi dan unsur keempat banyak di bumi dan merupakan logam yang terpenting dalam industri. Besi murni bersifat agak lunak dan kenyal. Oleh karena itu, dalam industri, besi selalu dipadukan dengan baja. Baja adalah berbagai macam paduan logam yang dibuat dari besi tuang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya. Besi tempa adalah besi yang hampir murni dengan kandungan sekitar 0.2% karbon.

### **2.6.1 Keberadaannya di alam**

Besi terdapat di alam dalam bentuk senyawa, misalnya pada mineral hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), pirit ( $\text{FeS}_2$ ), siderite ( $\text{FeCO}_3$ ), dan limonit ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Unsur besi sangat penting dalam hampir semua organisme yang hidup. Pada manusia besi merupakan unsur penting dalam hemoglobin darah.

### **2.6.2 Kegunaan**

Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena beberapa hal, diantaranya :

1. Kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar

2. Pengolahannya relatif lebih mudah dan murah
3. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi

### 2.6.3 Sifat Fisik dan Kimia Besi (Fe)

Lambang	: Fe
No. Atom	: 26
Golongan, periode	: 8,4
Penampilan	: Metalik Mengkilap keabu-abuan
Massa Atom	: 55,854 (2) g/mol
Konfigurasi Elektron	: [ Ar ] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
Fase	: Padat
Massa Jenis (Suhu Kamar)	: 7,86 g/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur	: 1811 °K (1538 °C, 2800 °F)
Titik Didih	: 3134 °K (2861 °C, 5182 °F)
Kapasitas Kalor	: (25 °C) 25,10 J/ (mol K)

### 2.6.4 Tingkat Bahaya Besi

Adapun besi terlarut yang berasal dari pipa atau tangki-tangki besi adalah akibat dari beberapa kondisi, di antaranya adalah :

1. Akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam), dapat melarutkan logam besi.
2. Pengaruh akibat adanya CO<sub>2</sub> agresif yang menyebabkan larutnya logam besi.
3. Pengaruh tingginya temperature air akan melarutkan besi-besi dalam air.
4. Kuatnya daya hantar listrik akan melarutkan besi.
5. Adanya bakteri besi dalam air akan memakan besi.

Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas tersebut akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya :



### 1. Gangguan teknis

Endapan Fe (OH) bersifat korosif terhadap pipa dan akan mengendap pada saluran pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan dan efek-efek yang dapat merugikan seperti mengotori bak yang terbuat dari seng. Mengotori wastafel dan kloset.

### 2. Gangguan Fisik

Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau dan rasa. Air akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya  $>1,0$  mg/l.

### 3. Gangguan kesehatan

Senyawa besi dalam jumlah kecil didalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, dimana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air, tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengsekresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering kali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk.