

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sekam Padi

Sekam padi (*rice hull*) adalah bagian terluar dari bulir padi dan memiliki kandungan silika terbanyak dibandingkan produk samping padi lainnya, adapun komposisi kimia dari sekam padi dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Sekam Padi (% berat)

Komponen	% Berat
Silika	13,16 - 29,04
Kadar air	32,40 - 11,35
Protein kasar	1,70 - 7,26
Lemak	0,38 - 2,98
Serat	31,37 - 49,92
Selulosa	34,34 - 43,80
Abu	13,16 - 29,04
Lignin	21,40 - 46,97

(Hayati, Pardoyo, dan Azmiyawati, 2017)

Sekam padi adalah lapisan keras kariopsis yang terdiri dari daun yang berbentuk sekam mahkota dan sekam kelopak. Pada proses penggilingan padi, sekam akan terpisah dan menjadi produk samping atau limbah penggilingan. Sekam sendiri terdiri dari jaringan serat selulosa yang berbentuk serabut-serabut keras yang mengandung banyak silika. Sekam sendiri berfungsi untuk melindungi biji beras dari kerusakan yang berasal dari jamur dan mencegah beras dari kerusakan selama proses pemanenan. Sekam padi bersifat *abrasif*, memiliki nutrisi dan *bulk density* yang rendah, dan kandungan abu yang tinggi membuat pemanfaatan sekam padi sedikit terbatas. Selain itu untuk media penyimpanan, sekam padi memerlukan tempat yang luas sehingga sekam padi dibakar untuk mengurangi volumenya. Hasil pembakaran ini dapat menimbulkan permasalahan pada lingkungan jika tidak ditanggulangi dengan baik (Arif Rahman, 2017).

Ketika sekam padi dibakar maka akan menghasilkan abu sekam padi. Pembakaran abu sekam padi akan menghasilkan hasil yang berbeda dapat dilihat dari perbedaan suhu pada saat pembakaran, ada pembakaran yang sempurna dan

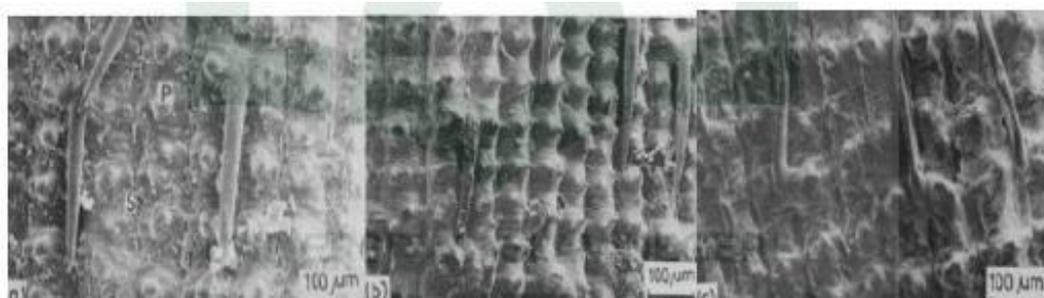
ada juga yang pembakaran tidak sempurna. Komposisi abu sekam padi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Komposisi Abu Sekam Padi

Komponen	% Berat
SiO <sub>2</sub>	86,90 - 97,30
K <sub>2</sub> O	0,58 - 2,50
N <sub>2</sub> O	0,00 - 1,75
CaO	0,20 - 1,50
MgO	0,12 - 1,96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00 - 0,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20 - 2,84
SO <sub>3</sub>	0,10 - 1,13
Cl	0,00 - 0,42

(Coniwanti, Srikandhy, dan Apriliyanni, 2017)

Dari tabel 2.2 dapat dilihat hasil analisis komposisi kimia abu sekam padi menunjukkan kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) 86,90-97,30%. Abu sekam padi apabila dibakar pada suhu tinggi (500-700°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Agung, 2013). Tingginya kadar silika dalam abu sekam padi memberikan kemungkinan untuk memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan dasar untuk sintesis nanosilika.



Gambar 2.1 Analisis SEM untuk lapisan epidermis (a) sekam padi, (b) sekam yang terbakar, dan (c) abu putih sekam padi

Sumber : Sapei,dkk (2012)

Luas area permukaan dari nanosilika adalah 50-430 m<sup>2</sup>/g untuk analisa SEM jaringan epidermis sekam padi, sekam padi terbakar, dan abu sekam padi dapat dilihat pada Gambar 2.1 yang merupakan hasil analisis SEM. Pada Gambar 2.1 (a) butiran dalam jumlah besar tersebar diseluruh epidermis, namun setelah pembakaran pada Gambar 2.1 (b) butiran tadi terlihat menyusut dan permukaannya

terlihat lebih halus sedangkan pada Gambar 2.1 (c) butiran tersebut hampir menghilang namun struktur aslinya masih dapat terlihat walau sangat rapuh.

## 22 Silika (SiO<sub>2</sub>)

### 2.2.1 Definisi Silika

Silika adalah senyawa hasil polimerisasi asam silikat yang tersusun dari rantai satuan SiO<sub>4</sub> tetrahedral dengan formula umum SiO<sub>2</sub>. Silika merupakan komposisi paling besar dari sekam padi yaitu sekitar 90% dari total komposisi penyusun sekam padi lainnya (Coniwanti, 2009). Silika yang dihasilkan dari sekam padi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan silika mineral, dimana silika sekam padi memiliki butiran halus, lebih reaktif, dapat diperoleh dengan cara mudah dengan biaya yang relatif murah, serta didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah dan dapat diperbaharui. Dengan kelebihan tersebut, menunjukkan silika sekam padi berpotensi cukup besar untuk digunakan sebagai sumber silika, yang merupakan bahan material yang memiliki aplikasi yang cukup luas penggunaannya (Agung, 2013).

### 2.2.2 Sifat Fisik dan Kimia Silika

#### 1. Sifat Fisika Silika

Secara umum sifat fisika silika adalah sebagai berikut:

Nama IUPAC : Silikon dioksida

Nama lain : Kuarsa, Silika, Silikat oksida, Silikon (IV) oksida

Rumus molekul : SiO<sub>2</sub>

Massa molar : 60,08 g/mol

Penampilan : Kristal Transparan

Kepadatan : 2,648 g/cm<sup>3</sup>

Titik lebur : 1600-1725°C

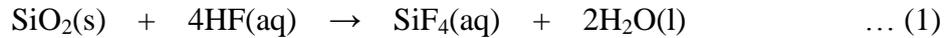
Titik didih : 2230°C

#### 2. Sifat Kimia Silika

Senyawa silika mempunyai berbagai sifat kimia diantara lain sebagai berikut:

a. Reaksi dengan Asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali asam hidrof luorida seperti reaksi berikut:



Dalam asam hidrof luorida berlebih reaksinya menjadi:



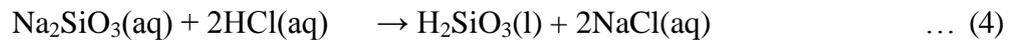
(Melinda, 2015)

b. Reaksi dengan Basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama dengan basa kuat, seperti dengan hidroksida alkali dengan reaksi sebagai berikut:



Menurut Melinda (2015) secara komersial, silika sendiri dibuat dengan cara mencampurkan larutan natrium silikat dengan suatu asam mineral. Reaksi ini kemudian menghasilkan suatu dispersi peka yang akhirnya memisahkan partikel dari silika terhidrat, yang dikenal sebagai silika hidrosol atau asam silikat yang kemudian dikeringkan pada suhu 110°C agar terbentuk silika gel. Reaksi yang terjadi:



Tabel 2.3 Karakteristik fisika, mekanika, termal, dan sifat elektrik silika amorf dan silika kristal

No.	Parameter	Satuan	Silika Amorf	Silika Kristal
1.	Densitas	g/cm <sup>3</sup>	2,65	2,2
2.	Konduktivitas Termal	W/mK	1,3	1,4
3.	Koefisien ekspansi termal	K <sup>-1</sup>	12,3.10 <sup>-6</sup>	0,4.10 <sup>-6</sup>
4.	Kekuatan tarik	Mpa	55	110
5.	Kekuatan desak	Mpa	2070	690-1380
6.	Rasio poisson's		0,17	0,165
7.	Kekuatan retak	Mpa	-	0,79
8.	Modulus elastisitas	Mpa	70	73
9.	Daya tahan kejut termal		Baik sekali	Baik sekali
10.	Permitivitas (ε)		3,8-5,4	3,8
11.	Faktor kehilangan		0,0015	-
12.	Kekuatan bidang dielektrik	kV/mm	15,0-25,0	15,0-40,0
13.	Resistivitas	Ωm	10 <sup>12</sup> -10 <sup>16</sup>	>10 <sup>18</sup>

Sumber: *Sigit dan Jetty, 2001*

## 23 Nanosilika

### 2.3.1 Definisi Nanosilika

Nanosilika merupakan silika yang dibuat dalam skala nano ( $10^{-9}$  m) yang saat ini penggunaannya pada bidang industri semakin meningkat. Kondisi ukuran partikel bahan baku yang diperkecil membuat produk memiliki sifat berbeda yang dapat meningkatkan kualitas. Pemanfaatan silika yang paling banyak digunakan dan komersial adalah sebagai bahan utama industri gelas dan kaca serta sebagai bahan baku pembuatan sel surya. Silika digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan produk karet ban kendaraan untuk meningkatkan kinerja ban pada kondisi basah dan menambah keawetan ban serta mengurangi dampak gesekan antara jalan dengan permukaan ban (Andreas, 2016).



Gambar 2.2. Nanosilika

Sumber: <http://m.indonesian.paintflatteningagent.com/best-organic-silica-powder>, 2020

Nanosilika telah terbukti penting dalam beberapa aplikasi bioteknologi dan biomedis seperti biosensor, pembawa obat, pelindung sel, agen pembeda pada *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan *ultrasound*, dan alat terapi pada sistem pelepasan obat atau enzim. Beberapa metode yang banyak digunakan untuk mensintesis nanopartikel silika diantaranya sol-gel, mikroemulsi terbalik dan sintesis api (Rahman dan Padavettan, 2012)

Menurut Astuti dan Hayati (2015) sifat dari nanosilika sendiri yaitu luas permukaan yang besar, miliki ketahanan terhadap panas yang baik, berkekuatan mekanik tinggi, dan inert sehingga dapat digunakan sebagai adsorben dan filter komposit, memiliki kestabilan yang bagus, berifat biokompatibel yang mampu berkerja selaras dengan sistem kerja tubuh dan membentuk speril tunggal. Partikel silika memiliki peran yang berbeda-beda untuk masing-masing produk yang dihasilkan, dimana kualitas produk ditentukan dari ukuran dan distribusi partikel silika itu sendiri didalam sistemnya.

### 2.3.2 Metode Sintesis Nanosilika

Dalam penelitian Abdullah (2008) sintesis nano partikel secara garis besar, silika akan masuk dalam dua kelompok besar, yaitu *top-down* dan *bottom-up*. *Top-down* adalah memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer. Contoh metode *top-down* adalah penggerusan dengan alat milling. *Bottom-up* adalah mereaksikan sejumlah material awal dengan pereaksian kimia sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer (Abdullah, 2008). Salah satu metode *bottom up* yaitu menggunakan teknik sol-gel dan presipitasi kimia (Dutta dkk, 2005).

#### 1. Metode sol-gel

Menurut Fernandez (2012) Metode sol-gel adalah proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana pada proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinu (gel). Metode sol-gel sendiri memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan metode sol-gel dibandingkan dengan metode konvensional antara lain:

- a. Kehomogenan yang lebih baik
- b. Kemurnian yang tinggi
- c. Suhu relatif rendah
- d. Tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa

Kekurangan metode sol-gel, antara lain:

- a. Penyusutan yang besar selama proses pengeringan
- b. Menggunakan pelarut organik yang berbahaya bagi kesehatan

Dalam proses sol-gel, ada beberapa faktor yang berpengaruh dalam menghasilkan produk yang diinginkan, yaitu:

#### a. Pelarut

Pada tahap awal pelarut digunakan untuk menghomogenkan campuran bahan dasar dan air karena sifat kepolarannya berbeda. Pelarut berfungsi untuk menghalangi pemisahan fasa cair-cair pada waktu reaksi hidrolisis dan mengontrol konsentrasi logam. Pelarut yang umum digunakan dalam reaksi

pembentukan gel adalah alkohol. Hal ini disebabkan karena alkohol mempunyai tekanan uap yang lebih tinggi pada temperatur kamar.

#### b. Temperatur

Temperatur dalam proses sol-gel akan mempengaruhi kecepatan pembentukan gel. Proses sol-gel yang telah dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur kamar menyebabkan laju hidrolisis akan menjadi cepat dan juga menyebabkan gel cepat terbentuk.

## 2. Metode kopresipitasi

Metode kopresipitasi adalah metode dimana sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuhnya, produknya memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan dengan metode sol-gel. Adapun zat yang paling umum digunakan sebagai zat pengendap dalam kopresipitasi antara lain hidroksida, karbonat, sulfat dan oksalat (Fernandez, 2012).

Dalam penelitian Hayati dan Astuti (2015) ukuran nanopartikel silika yang sudah pernah diteliti menghasilkan ukuran 25-80 nm dengan menggunakan metode kopresipitasi sedangkan pada penelitian Ardiansyah dan Wahyuni (2015) dengan menggunakan metode sol-gel menghasilkan ukuran 13,36-50 nm. Nanopartikel silika memiliki beberapa sifat diantaranya luas permukaan besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi dan elastisitasnya rendah. Nanopartikel silika dapat digunakan sebagai precursor katalis, adsorben dan filter komposit (Susilo dkk, 2016).

### 2.3.3 Kegunaan Nanosilika

Menurut Zhongkui (2009) beberapa tahun terakhir pemanfaatan silika dan kalsium yang dibuat nanokomposit menjadi kandidat bahan bioaktif untuk aplikasi perbaikan jaringan tulang). Selain itu silika juga banyak dimanfaatkan pada industri lainnya, seperti industri pasta gigi, perawatan kulit, pemrosesan bir, pelapis kertas (paper coating), desikan, pendukung katalis hingga pada bidang farmasi (Immanuel dan Yohan 2011).

Aplikasi nanosilika banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Salah satu aplikasinya adalah dapat digunakan sebagai prekursor katalis, absorben dan filter komposit (Kalapathy, dkk., 2000). Selain itu nanosilika juga memiliki efek yang signifikan terhadap kekuatan mikrostruktur geopolimer (Deb, 2015).

Di antara beberapa aplikasi, nanosilika adalah nanomaterial yang banyak digunakan dengan aplikasi polimer perekat, untai serat optik, tinta, cat, pelapis, kosmetik, aditif makanan, dan bahan bangunan berbasis semen (Hessien dkk., 2009). Menurut Rahman dkk (2012) nanosilika menjadi hal penting dalam beberapa aplikasi bioteknologi dan biomedis seperti biosensor, pembawa obat, pelindung sel, agen pembeda pada Magnetic Resonance Imaging (MRI) dan ultrasound, dan alat terapi pada sistem pelepasan obat atau enzim). Selain itu menurut penelitian Elishian, dkk (2011) nanosilika juga dapat dipilih sebagai komponen material fingerprint powder untuk identifikasi sidik jari. Silika merupakan salah satu polimer resin yang mempunyai kemampuan untuk melekat pada deposit lemak yang merupakan komponen utama sidik jari.

## **24 Natrium Hidroksida (NaOH)**

### **2.4.1 Definisi Natrium Hidroksida (NaOH)**

Natrium Hidroksida (NaOH) biasa dikenal dengan sebutan soda kaustik, soda api ataupun sodium hidroksida merupakan jenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida sendiri terbentuk dari oksida basa natrium oksida yang apabila dilarutkan dalam air dapat membentuk larutan alkalin yang kuat.

### **2.4.2 Sifat Fisik dan Kimia Natrium Hidroksida (NaOH)**

NaOH memiliki sifat *hygroskopis*, yang artinya NaOH dapat menyerap molekul air dilingkungannya, baik melalui absorbansi maupun adsorbansi. Selain itu, NaOH juga memiliki sifat korosif yang dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata. Berikut penjelasan mengenai sifat fisik dan kimia dari NaOH:

#### **1. Sifat Fisik**

Rumus kimia	: NaOH
Massa Molar	: 39,9971 g/mol
Wujud	: zat padat berwarna putih
Densitas	: 2,1 g/cm <sup>3</sup>

Titik lebur : 318°C  
Titik didih : 1390°C  
Kelarutan : 111 g/100 ml (20°)

## 2. Sifat Kimia

- a. Menyerap karbon dioksida dari udara bebas
- b. Larut dalam etanol dan metanol
- c. Sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas
- d. Tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar
- e. Sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida
- f. Meningkatkan noda kuning pada kain dan kertas.

### 2.4.3 Kegunaan Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk-produk industri kimia, adapun kegunaan dari NaOH adalah sebagai berikut:

1. NaOH dapat digunakan secara langsung untuk mengendalikan tingkatkeasaman atau pH pada pengolahan air.
2. NaOH adalah salah satu bahan pembuatan Natrium Hipoklorit (NaOCl) yang menjadi desinfektan dalam pengolahan air industri.
3. NaOH digunakan pada proses regenerisasi anion resin yang terdapat pada *anion exchanger*.
4. NaOH dapat digunakan sebagai pemisah antara tinta dari serat kertas pada industri pengolahan kertas.
5. NaOH banyak digunakan sebagai *activated agent* dalam industri pembuatan silika maupun arang aktif.
6. NaOH banyak digunakan dalam industri pembuatan sabun.

## 25 Adsorpsi

### 2.5.1 Definisi Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai proses terserapnya molekul adsorbat pada permukaan padat atau zat cair. Istilah adsorpsi pertama kali diperkenalkan oleh Keyser pada tahun 1881. Dalam adsorpsi, molekul-molekul yang teradsorpsi

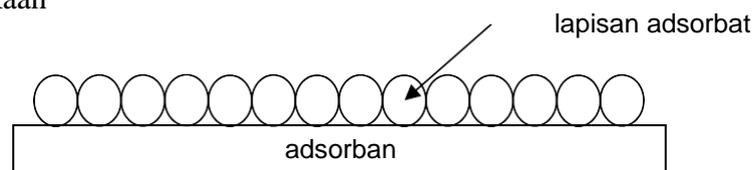
tersebut akan menahan molekul-molekul lain sehingga akhirnya akan menumpuk membentuk suatu lapisan multimolekul. Gaya yang berperan dalam peristiwa adsorpsi tersebut tergantung pada sifat dasar kimia permukaan dan struktur spesies teradsorpsi. Proses adsorpsi merupakan salah satu perpindahan massa yang melibatkan kontak antara fluida (cair atau gas) dengan fasa padat dengan arah perpindahan massa dari fluida ke permukaan padatan.

Menurut Langmuir, molekul yang 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 adsorben akan terbentuk suatu lapisan atau layer, dimana terbentuknya lapisan tersebut akan menghambat proses penyerapan selanjutnya oleh batuan adsorben sehingga efektifitasnya berkurang. Hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan luas atau per satuan berat adsorban, dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu disebut isoterm adsorpsi. Umumnya terdapat 2 jenis isoterm adsorpsi, yaitu:

a. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir memperkenalkan teori *isotherm* adsorpsi dengan menggunakan model sederhana yaitu berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Adapun pendekatan Langmuir meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

1. Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fasa uap
2. Gas yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan *monolayer*
3. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas sama
4. Tidak ada antaraksi lateral antar molekul adsorbat
5. Molekul gas yang teradsorpsi terlokalisasi, artinya mereka tidak bergerak pada permukaan



Sumber: Handayani dan sulistiyono, 2009

Gambar 2.3 Pendekatan Isoterm Adsorpsi Langmuir

Dimana persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut:

$$X_m / m = a \cdot C / (1 + b \cdot c) \quad \dots(6)$$

$$m \cdot c / X_m = 1/a + (b/a) \cdot C \quad \dots(7)$$

Dengan membuat kurva  $m \cdot c / X_m$  terhadap  $C$  akan diperoleh persamaan linear dengan intersep  $1/a$  dan kemiringan  $(b/a)$ , sehingga nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai  $a$  dan  $b$  menunjukkan daya adsorpsi.

#### b. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Pada adsorpsi Freundlich zat terlarut pada padatan adsorban merupakan hal yang penting. Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dengan menggunakan batu apung (*charcoal*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi.

Pendekatan *isotherm* adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh H. Freundlich. Menurut Freundlich, jika  $y$  adalah berat zat terlarut per gram adsorban dan  $c$  adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan, maka

$$y = k c^{1/n} \quad \dots (8)$$

$$\log y = \log k + \frac{1}{n} \log c \quad \dots (9)$$

Keterangan:

$$y = X_m / m$$

$X_m$  = Berat zat yang diadsorpsi

$m$  = berat adsorben

$C$  = konsentrasi zat

dimana  $k$  dan  $n$  adalah konstanta empiris. Plot  $\log y$  terhadap  $\log c$  atau  $\log P$  menghasilkan kurva linier. Dengan menggunakan kurva tersebut, maka nilai  $k$  dan  $n$  dapat ditentukan.

### 2.5.2 Jenis Adsorpsi

Berdasarkan kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

#### a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan

permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya Van der Waals sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul-molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul-molekul fluida itu sendiri.

#### b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi Kimia sendiri terjadi karena adanya pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga terjadi reaksi kimia. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dengan adsorben adalah ikatan kimia dan ikatan itu lebih kuat daripada adsorpsi fisika (Mirandha, 2016).

### 2.5.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Dalam proses adsorpsi banyak faktor yang dapat mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat diserap. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi sebagai berikut:

#### a. Luas Permukaan Adsorben

Proses adsorpsi merupakan fenomena yang terjadi di permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi suatu material sebanding dengan luas permukaan spesifik dengan anggapan bahwa total dari luas permukaan dapat melakukan proses adsorpsi (Naeem dkk., 2007). Maka dari itu, semakin besar luas permukaan dan semakin banyak pori yang dimiliki suatu adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang terserap dan laju adsorpsi semakin meningkat.

#### b. Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel di permukaan adsorben. Partikel adsorbat yang telah terlarut memiliki afinitas yang kuat. Tetapi ada pengecualian, beberapa senyawa yang sedikit larut sulit untuk diserap, sedangkan ada beberapa senyawa yang sangat larut namun mudah untuk diserap.

#### c. Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena senyawa adsorbat harus masuk ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat

memasukan adsorbat ke dalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben. Akan tetapi gerakan konstan dari partikel adsorbat dapat mencegah terjadinya penyumbatan. Gerakan partikel kecil yang cepat membuat partikel adsorbat yang lebih kecil akan terdifusi lebih cepat ke dalam pori.

d. pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi, disebabkan ion hidrogen dapat menyerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempengaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH tinggi.

e. Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, begitu pula sebaliknya. Proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, maka derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

f. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, disebabkan perbedaan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat berbeda-beda. Kondisi ekuilibrium akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu (Mirandha, 2016).

## **26 Adsorben**

### **2.6.1 Definisi Adsorben**

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fluida (Saragih, 2008). Adsorben tersebut dapat berbentuk serbuk (powder) atau butiran (granular) dan penggunaannya tergantung operasi yang akan dilakukan. Pada umumnya, partikel adsorben tersebut berdiameter antara 0.005 cm hingga 1.27 cm. Pemakaiannya antara lain adalah untuk mengadsorpsi

berbagai zat pengotor yang umumnya meliputi zat-zat organik, bau dan warna, koloid dan senyawa nitrit yang berada didalam fluida cair. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu.

Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih berat daripada molekul lainnya. Adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan nonpolar (Saragih, 2009).

Salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi adalah luas permukaan adsorben persatuan berat adsorben. Bila dibandingkan terhadap ukuran partikel, luas permukaan internal pada pori-pori partikel lebih berpengaruh pada proses adsorpsi. Biasanya, pori-pori berukuran sangat kecil yaitu berdiameter hanya beberapa molekul saja, tetapi menyediakan sejumlah besar luas permukaan adsorpsi. Sebagai contoh, charcoal (arang) yang dapat mengadsorpsi gas, mempunyai luas permukaan sekitar 100.000 m<sup>2</sup>/kg adsorben.

Adsorben padat yang baik adalah yang porositasnya tinggi seperti Pt halus, arang dan silika gel. Permukaan zat ini sangat halus sehingga adsorpsi dapat terjadi pada banyak tempat. Namun demikian, adsorpsi dapat terjadi pada permukaan yang halus seperti gelas atau platina.

Beberapa partikel padatan adsorben yang penting dan secara komersial telah banyak digunakan dalam berbagai industry meliputi antara lain seperti berikut ini:

a. Fullerearth

Fullereart adalah tanah liat alam yang merupakan mineral alam dan mengandung aluminium silikat, magnesium silikat. Biasanya, digunakan untuk menghilangkan warna, netralisasi pada industri minyak nabati dan hewani dan pengeringan pada industri petroleum (lubricating), minyak kerosin, diesel dan gasoline). Untuk regenerasi adsorben dapat dilakukan dengan cara pencucian dan pemanasan untuk menghilangkan berbagai senyawa organik yang terakumulasi di permukaan adsorben.

b. Activated clay

Merupakan sejenis bentonit atau tanah liat, akan aktif bila sebelum digunakan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Umumnya digunakan untuk menghilangkan warna pada industri petroleum. Pemanasan pada temperature antara 450-1500°F.

c. Bouksit

Bouksit adalah senyawa alumina hidrat, yang diaktifkan dengan Biasanya digunakan untuk penghilangan warna dan pengeringan produk petroleum.

d. Alumina

Membentuk senyawa alumina oksida hidrat, dan dapat diaktifkan dengan cara pemanasan dan umumnya digunakan untuk pengeringan gas atau cairan.

e. Bone-char

Berbentuk arang yang telah dikeringkan pada suhu 1100-1600°F dan digunakan untuk pemurnian gula.

f. Decolorizing carbon

Decolorizing carbon merupakan campuran antara bahan-bahan alam dengan campuran senyawa organik dan anorganik seperti  $\text{CaCl}_2$ . Seringkali zat ini digunakan untuk menghilangkan zat warna yang berada didalam larutan gula dan industri kimia lainnya.

g. Silica gel

Silika gel biasanya digunakan untuk pengeringan dan pemurnian gas dan pemurnian petroleum distilat. Silika gel merupakan adsorben yang paling banyak dipakai untuk menyerap zat-zat dalam larutan. Zat ini banyak dipakai di pabrik untuk menghilangkan kadar air dalam udara. Penyerapan dari larutan, mirip dengan penyerapan gas oleh zat padat. Bila dalam larutan ada dua zat atau lebih, zat yang satu akan terserap lebih kuat dari yang lain.

h. Molecular sieve

Molecular sieve adalah sejenis zeolit sintetis atau logam alumino silikat yang umumnya digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan kadar air (dehidrasi) yang terdapat di berbagai gas atau cairan.

## 2.6.2 Standart Mutu Adsorben

Untuk mengetahui kualitas adsorben yang akan digunakan, maka perlu dilakukan karakterisasi adsorben. Karakterisasi adsorben ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisika dan kimia dari adsorben yang akan digunakan dalam proses adsorpsi. Karakterisasi adsorben meliputi: kadar air, kadar abu, dan daya serap metilen blue.

Tabel 2.4 Standart Mutu Adsorben

Uraian	Persyaratan Kualitas
Kadar air (%)	Maks. 15%
Kadar abu (%)	Maks. 10%
Daya serap metilen blue (mg/g)	Min. 120 mg/g

(SNI-06-3730-1995)

## 2.7 Logam Fe (Besi)

### 2.7.1 Definisi Senyawa Besi

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 besiyanghampir murni dengan kandungan sekitar 0.2% karbon.

### 2.7.2 Keberadaannya di Alam

Besi terdapat di alam dalam bentuk senyawa, misalnya pada mineral hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_2\text{O}_4$ ), 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.

### 2.7.3 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

### 2.7.4 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) 25,10J/(mol.K)

### 2.7.5 Tingkat Bahaya Besi

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

- a. Akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam), dapat melarutkan logam besi.
- b. Pengaruh akibat adanya CO<sub>2</sub> agresif yang menyebabkan larutnya logam besi.
- c. Pengaruh tingginya temperature air akan melarutkan besi-besi dalam air.
- d. 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 :

a. 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.

b. 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.

c. 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.

Pada hemokromatosis primer besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan di dalam tubuh. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain yaitu hemosiderin. Akibatnya terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes. Hemokromatosis sekunder terjadi karena transfusi yang berulang-ulang. Dalam keadaan ini besi masuk kedalam tubuh sebagai hemoglobin dari darah yang ditransfusikan dan kelebihan besi ini tidak disekresikan.

## 28 Logam Zink (Zn)

### 2.8.1 Definisi Zink

Zink atau seng adalah salah satu trace-mineral atau mineral mikro yang penting untuk semua bentuk kehidupan, termasuk tanaman, hewan, dan mikroorganisme. Simbol kimia untuk zink adalah Zn. Zink berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan, fungsi neurologis, sistem kekebalan tubuh, dan reproduksi (Darawati, 2014).

### 2.8.2 Keberadaannya di Alam

Keberadaan logam Seng (Zn) dapat berasal dari proses alamiah maupun adisi dari limbah industri dan pertanian. Pada lahan pertanian, seng sangat diperlukan untuk kesuburan tanah. Seng (Zn) adalah unsur hara mikro esensial bagi manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan tingkat tinggi. Kandungan Zn total rata-rata pada litosfir sekitar 80 mg/kg (Goldschmith, 1954). Mineral-mineral sebagai sumber utama yang kaya Zn dalam tanah adalah sphalerite dan wurtzite (ZnS), dan sumber yang sangat kecil dari mineral-mineral smithsonites (ZnCO<sub>3</sub>), willemite (Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>), zincite (ZnO), zinkosite (ZnSO<sub>4</sub>), franklinite (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), dan hopeite (Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O (Lindsay, 1972).

Pada batuan magmatik Zn terdistribusi merata, dan kandungannya berbeda pada batuan asam dan basik yaitu dari 40 mg/kg dalam batuan granit dan 100 mg/kg dalam batuan basaltik. Pelarutan mineral-mineral tersebut di atas dapat terjadi secara alami sehingga unsur-unsur yang terkandung di dalamnya terbebas dalam bentuk ion. Ion Zn<sup>++</sup> yang terbebas mengalami proses lebih lanjut, terikat dengan matriks tanah atau bereaksi dengan unsur-unsur lain. Sehingga Zn dalam tanah dikelompokkan dalam bentuk-bentuk kelompok mudah tersedia sampai tidak tersedia bagi tanaman, yaitu bentuk terlarut dalam air, dapat dipertukarkan (terikat pada koloid-koloid bermuatan listrik), teradsorpsi dalam bentuk khelat atau bentuk senyawa kompleks (ikatan logam pada ligand organik), liat mineral sekunder dan oksida metalik tidak larut, serta dalam bentuk mineral primer (Alloway 1995).

### 2.8.3 Kegunaan

Kegunaan senyawa seng dalam berbagai aspek kehidupan antara lain sebagai berikut:

- a. Senyawa ini juga digunakan dalam pelapisan baja dan besi untuk mencegah proseskarat.
- b. Untuk industri baterai.
- c. Bahan alloy seperti kuningan, nikel-perak, logam mesin tik, dan penyepuhan listrik.
- d. Pembuatan uang sen Amerika sejak tahun 1982.
- e. Pelapisan cat khususnya dalam industriautomobil.
- f. Zn-oksida untuk pembuatan pigmen putih cat air atau cat, sebagai aktifator pada industri karet; melapisi kulit guna mencegah dehidrasi kulit, melindungi kulit dari sengatan sinar matahari, sebagai bahan diaper pada bayi guna mencegah kulit luka/kemerahan, industry karet dan untuk opaque sunscreen.
- g. Bahan dinding-lantai logam untuk bahan insektisida dapur.
- h. Zn-klorida untuk deodorant dan pengawet kayu.
- i. Zn-sulfida untuk industry pigmen dan lampu pendar, luminous dial, X-ray dan layar TV serta lampu fluorescence.
- j. Zn-metil ( $Zn(CH_3)_2$ ) untuk pembuatan berbagai senyawa organik; Zn-Stearat digunakan sebagai aditif penghalus plastik.
- k. Sebagai anode bahan bakarzinc-air-battery.
- l. Zn-hidroksi-karbonat dan silikat untuk pembuatan lotion pencegah kulit luka/alergi/kemerahan.
- m. Sebagai bahan suplemen vitamin atau mineral yang memiliki aktivitas antioksidan guna mencegah penuaan dini serta mempercepat proses penyembuhan.
- n. Zn-glukonat glisin dan Zn-asetat yang digunakan sebagai pelega tenggorokan (throat lozenges) saat musim dingin.

### 2.8.4 Sifat Fisik dan Kimia Zink (Zn)

Lambang : Zn

No. Atom 30

Golongan, periode	: 12,4
Penampilan	: keabu-abuan
Massa Atom	: 65,38 g/mo
IKonfigurasi Elektron	: [ Ar ] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
Fase	: Padat
Massa Jenis (suhu kamar)	: 7,14 g/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur	: 692,65 K, 419,5°C, 787,1°F
Titik Didih	: 1173,15 K, 900°C, 1652°F
Kapasitas Kalor	: 25.470 J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> .

### 2.8.5 Tingkat Bahaya Zink

Asupan zinc secara berlebihan dapat memengaruhi kadar kolesterol baik alias HDL dalam tubuh. Semakin banyak zinc yang masuk ke tubuh, semakin rendah kolesterol HDL Anda. Normalnya, kolesterol HDL yang baik dalam tubuh adalah 40 miligram per desiliter (mg/dl) atau lebih. Sebuah studi menunjukkan bahwa konsumsi suplemen zinc dengan dosis lebih dari 50 miligram per hari dapat menurunkan kadar kolesterol HDL, alias di bawah 40 mg/dl. Padahal, kadar kolesterol HDL yang normal dapat membantu menjaga kesehatan jantung. Ini artinya, Anda dapat berisiko terkena penyakit jantung kalau kadar kolesterol HDL Anda di bawah batas normal.

## 29 AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

Teknik analisa dari spektrofotometer serapan atom (atomic absorption atomic absorption spectrophotometry, AAS) pertama kali diperkenalkan oleh Welsh kali diperkenalkan oleh Welsh (Australia) pada tahun 1955(Australia) pada tahun 1955. AAS merupakan metoda yang populer untuk analisa logam karena untuk analisa logam karena di di samping relatif sederhana ia juga amping relatif sederhana ia juga selektif dan sangat sensitif.selektif dan sangat sensitif. Teknik analisis ASS berdasarkan pada penguraian molekul menjadi pada penguraian molekul menjadi atom (atomisasi) dengan energi dari atom (atomisasi) dengan energi dari api atau arus listrikapi atau arus listrik. Sebagian besar atom akan berada pada pada ground stateground state, dan sebagian , dan sebagian kecil

(tergantung suhu) yang kecil (tergantung suhu) yang tereksitasi akan memancarkan tereksitasi akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang cahaya dengan panjang gelombang yang khas untuk atom tersebut yang khas untuk atom tersebut ketika kembali ke ketika kembali ke ground stateground state.

Beberapa metode yang sejenis seperti spektrometri emisi nyala seperti spektrometri emisi nyala (flame emission spectrometry, FES) telah dikenal lebih dahulu, telah dikenal lebih dahulu, sedangkan spektrometri fluoresensi sedangkan spektrometri fluoresensi atom (atomic fluorescence spectrometry, AFS) adalah teknik yang baru dan masih dalam yang baru dan masih dalam pengembangan.

Prinsip kerja dari AAS sendiri yaitu radiasi dari sumber cahaya (hollow hollow cathode lampcathode lamp) dengan energi yang ) dengan energi yang sesuai dengan energi yang dibutuhkan sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom-atom dari unsur yang oleh atom-atom dari unsur yang diperiksa untuk melakukan transisi diperiksa untuk melakukan transisi elektronik, dipancarkan melalui nyala. elektronik, dipancarkan melalui nyala. Pada nyala tersebut, atom-atom dari zat yang diperiksa akan meresap zat yang diperiksa akan meresap radiasi tadi sesuai dengan konsentrasi radiasi tadi sesuai dengan konsentrasi zat tersebut yaitu sesuai dengan zat tersebut yaitu sesuai dengan populasi atom-atom pada level energi populasi atom-atom pada level energi terendah (ground state). Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari:

a. Hukum Lambert

Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.

b. Hukum Beer

Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan :

$$I_t : I_o.e^{-(\epsilon bc)} \text{ atau } A = - \text{Log } I_t/I_o = \epsilon bc$$

Dimana :

$I_o$  = Intensitas sumber sinar

$I_t$  = Intensitas sinar yang diteruskan

$\epsilon$  = Absorptivitas molar

$b$  = Panjang medium

$c$  = Konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

$A$  = Absorbans.

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day & Underwood, 1989).



Sumber : [googlephotos.com](http://googlephotos.com)

