

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Adsorpsi

Air yang tercemar karena terkontaminasi logam berat dapat dihilangkan menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan yang terjadi pada permukaan suatu adsorben. Adsorben adalah zat untuk menyerap dan adsorbat adalah zat yang terserap (Rini dan Lingga, 2010).

Mekanisme penyerapan dapat dibedakan menjadi dua yaitu, adsorpsi secara fisika dan adsorpsi secara kimia. Proses adsorpsi secara fisika terjadi apabila adanya gaya *van der waals* yaitu gaya yang terjadi karena adsorbat terikat oleh adsorben. Sedangkan proses adsorpsi secara kimia terjadi karena terbentuknya ikatan kimia melalui interaksi antara adsorben dan adsorbat (Syauqiah dkk., 2011). Adsorpsi secara kimia terjadi diawali dengan adsorpsi secara fisik, yaitu logam Fe(III) dan Cu(II) mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya *van der waals*. Kemudian dilanjutkan dengan adsorpsi kimia yaitu logam Fe(III) dan Cu(II) melekat pada permukaan adsorben dengan membentuk ikatan kimia yaitu ikatan kovalen (Atkins, 1999).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi sebagai berikut :

a. Waktu Kontak

Proses adsorpsi sangat berpengaruh pada waktu kontak karena pada waktu kontak menunjukkan proses terjadinya difusi dan berlangsungnya penempelan adsorbat.

b. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif.

c. Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi proses adsorpsi, semakin lambat pengadukan maka semakin lambat pula proses adsorpsi, tetapi jika semakin cepat pengadukan maka semakin cepat kemungkinan kerusakan pada struktur adsorben, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

d. pH

pH merupakan faktor penting pada proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan pH dapat mempengaruhi kelarutan dan muatan pada permukaan adsorben selama reaksi berlangsung. Pada kondisi pH rendah, penyerapan lebih cenderung ke asam organik, sedangkan pada kondisi pH tinggi, penyerapan lebih cenderung ke basa organik.

e. Temperatur

Pemanasan pada adsorben dapat menyebabkan lebih terbukanya pori-pori pada adsorben, sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi pada adsorben. Pemanasan dengan temperatur tinggi dapat menyebabkan rusaknya struktur adsorben sehingga menyebabkan menurunnya kemampuan adsorpsi pada adsorben (Syauqiah dkk., 2011).

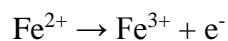
## 2.2. Logam Besi (Fe) dan Tembaga (Cu)

### 2.2.1. Logam Besi (Fe)

Logam Fe merupakan logam yang jarang ditemukan dalam keadaan bebas, biasanya berasal dari bijih timah. Dalam besi berada pada material sulfida dan oksida. Fe memiliki dua bilangan oksidasi yaitu +2 dan +3.

Logam Fe termasuk logam esensial yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah tertentu, akan tetapi jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Mineral besi dapat ditemukan dalam air minum maupun sayuran hijau yang berupa ion Fe(II) (ferro) dan Fe(III) (ferri). Akan tetapi kelebihan zat besi dalam tubuh manusia dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pembuluh jantung, keracunan, dan kerusakan pada hati (Effendi, 2003). Sedangkan kelebihan besi dalam air dapat menyebabkan dampak lain seperti rasa air menjadi metalik dan menyebabkan noda pada pakaian dan bak-bak kamar mandi.

pH 7 pada perairan alami dengan kadar oksigen terlarut yang cukup ion besi (II) bersifat mudah larut menjadi besi (III). Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron dan besi (III) mengalami reduksi menjadi besi (II) terjadi penangkapan elektron (Effendi, 2003). Reaksi oksidasi besi (II) menjadi besi (III) ditunjukkan dalam persamaan berikut.



Menurut Effendi, (2003) Fe(III) pada pH 7,5-7,7 mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang bersifat tidak larut dan akan mengendap (presipitasi) di dasar perairan, membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anaerob dan suasana asam. Sebagai contoh seperti sungai yang menerima aliran air asam dengan kandungan besi (ferro) yang cukup tinggi, yang berasal dari daerah pertambangan. Sebagai tanda terjadinya pemulihan (*recovery*) kualitas air, pada bagian hilir sungai dasar perairan berwarna kemerahan karena terbentuknya  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sehingga meningkatnya pH dan terjadi proses oksidasi besi.

Effendi (2003) dalam buku Telaah Kualitas Air menyebutkan pada perairan yang mendapat cukup aerasi (aerob), kadar besi tidak pernah lebih dari 0,3 mg/L. Pada perairan alami kadar besi berkisar antara 0,05-0,2 mg/L, dalam air tanah kadar besi mencapai 10-100 mg/L hal ini disebabkan karena rendahnya kadar oksigen, 0,01 mg/L dalam perairan sedangkan kadar besi pada air hujan sekitar 0,05 mg/L.

Menurut PERMENKES RI No 416/Menkes/Per/IX/1990 standar baku mutu besi (Fe) pada air minum adalah 0,3 mg/L sedangkan dalam air bersih adalah 1 mg/L. Apabila kadar besi dalam air minum dan air bersih melebihi baku mutu, maka air tersebut harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk kebutuhan sehari-hari terutama untuk dikonsumsi.

### **2.2.2 Logam Tembaga (Cu)**

Logam berat yang menjadi pencemar lingkungan salah satunya adalah tembaga (Cu). Logam Cu termasuk kedalam kelompok logam esensial, logam yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah tertentu, akan tetapi jika kelebihan dapat menjadi racun (Rochayatun dkk., 2003). Menurut Yanthy (2013) sumber logam Cu berasal dari kegiatan rumah tangga yaitu sisa buangan dari pembersih lantai yang mengandung  $\text{CuO}$ .

Cu adalah salah satu unsur mineral mikro (esensial) yang berperan dalam proses metabolisme tubuh. Kekurangan Cu dapat menyebabkan pembentukan darah menjadi terganggu, fisiologi tubuh dan sistem metabolisme tidak bekerja secara normal yang diakibatkan karena sistem enzim menjadi tidak berfungsi,

sebaliknya jaringan tubuh menjadi rusak dapat terjadi jika kelebihan Cu (Islamiyah dan koestari, 2014).

Berdasarkan KEPMENLH No 202 tahun 2004, tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pertambangan biji emas dan tembaga yaitu kadar maksimum unsur tembaga terlarut pada air limbah yang akan dibuang atau dilepaskan ke sumber air adalah 2 mg/L.

### **2.2.3. Pengukuran Fe (III) dan Cu (II) Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom**

Kadar atau unsur-unsur logam dalam suatu larutan dapat diukur menggunakan spektroskopi serapan atom atau *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).. Prinsip kerja dari AAS adalah atom-atom yang bersifat netral akan menyerap dalam keadaan gas. Cara kerja AAS berdasarkan larutan sampel yang diuapkan, logam yang terkandung didalam larutan tersebut diubah menjadi atom bebas. Atom bebas tersebut menyerap radiasi dari lampu katoda yang memncarkan yang mengandung unsur yang akan ditemukan. Jenis logam dapat ditentukan dari panjang gelombang yang terukur yang berasal dari banyaknya penyerapan radiasi (Darmono, 1995).

Konsentrasi logam dalam larutan dapat dianalisis menggunakan spektroskopi serapan atom. Nilai konsentrasi yang diinginkan dapat diketahui dengan membandingkan sampel uji dengan selisih nilai absorbansi blanko (tanpa sampel). Dalam pengukuran AAS diperlukan kurva standar yang elemennya adalah konsentrasi analit dibandingkan dengan nilai absorbansinya (serapan). Kurva standar dibuat menggunakan larutan yang telah diketahui konsentrasi zat yang ingin diuji dengan berbagai perbedaan konsentrasi (Skoog, 2014).

Hasil perhitungan menggunakan AAS akan memberikan kadar total dari unsur logam dari sampel yang akan diteliti dan tidak tergantung bentuk molekul logam tersebut jumlah radiasi yang diadsorpsi dalam sampel tergantung pada jumlah atom-atom bebas yang terlihat dan kemampuan menyerap radiasi pada atom tersebut. Perhitungan dalam AAS berdasarkan hukum Lambert-Beer yaitu :

$$A = \epsilon.b.C$$

Keterangan :

$\epsilon$  = koefisien absorpsi molar ( $\text{mol}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{L}$ )

b = tebal kuvet (cm)

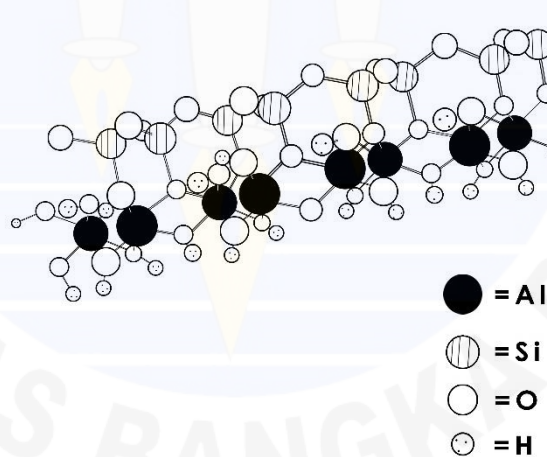
A = Absorbansi

C = konsentrasi (mol/L)

### 2.3 Kaolin Alam dan Aktivasinya

Kaolin merupakan mineral hasil tambang yang berbentuk serbuk dan berwarna putih abu-abu, jingga, putih, kemerahan dan kuning. Komposisi kimia dari kaolin yaitu aluminium silikat hidrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan diikuti dengan pengotor lainnya. Mineral yang terdapat didalam kaolin alam yaitu kaolinit, nakrit, halloysit, dikrit, dan lain-lain. Kaolin alam memiliki komponen penyusun terbesar yaitu kaolinit (Furqon, 2016).

Kaolin memiliki struktur lembaran tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dan lembaran oktahedral  $\text{Al}^{3+}$ . Kaolin biasanya berada sebagai mineral kaolinit murni atau mineral yang berhubungan misalnya haloisit, nakrit, dan dikrit yang bergabung dengan mineral lain seperti kuarsa, smektit dan mika sebagai pengotor. (Sunardi, 2010).



**Gambar 2.1.** Struktur kaolin (Lombardi dkk., 2002)

Kaolin yang berasal dari alam banyak mengandung pengotor organik dan anorganik yang menyebabkan pori-pori dari kaolin menjadi tertutup, sehingga perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan daya adsorpsi dari kaolin. Aktivasi kaolin dilakukan secara fisika dan kimia. Kaolin teraktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan kaolin menggunakan suhu tinggi dalam kisaran 538 hingga 1.149°C. Aktivasi yang dilakukan dengan pemanasan suhu tinggi dapat memperbesar ukuran

pori dari kaolin (Sunardi dkk., 2009). Kaolin teraktivasi kimia dilakukan dengan menambahkan larutan kedalam kaolin seperti larutan asam dan basa. Kaolin teraktivasi kimia dapat meningkatkan situs aktif permukaan kaolin (Rahmalia dkk., 2018; Belver dkk., 2002). Selain itu juga dapat dilakukan aktivasi secara kombinasi yaitu campuran antara aktivasi kimia dengan menambahkan larutan asam atau larutan basa kedalam kaolin dan aktivasi fisika dilakukan dengan pemanasan suhu tinggi (Sari dkk., 2016).

## **2.4 Karakterisasi Kaolin**

### **2.4.1. Spektrofotometer FTIR**

Proses adsorpsi melibatkan gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben, untuk menunjukkan gugus fungsi tersebut dapat ditunjukkan dengan spektroskopi inframerah. Spektroskopi inframerah berguna untuk karakterisasi sampel yang didasarkan pada sampel yang menyerap radiasi sinar inframerah dan menghasilkan keadaan vibrasi dari molekul sampel. Daerah inframerah terletak pada bilangan gelombang antara  $12.800\text{ cm}^{-1}$  sampai  $10\text{ cm}^{-1}$  atau dari panjang gelombang  $780\text{ nm}$  sampai  $106\text{ nm}$  (Sastrohamidjodjo, 2001).

Dasar analisis menggunakan FTIR adalah suatu molekul yang mengadsorpsi radiasi IR. Gugus fungsi menyerap IR pada panjang gelombang yang spesifik. Hasil analisis FTIR berupa spektra yang menggambarkan bilangan gelombang pada sumbu x dan transmitansi/absorbansi pada sumbu y. Jenis gugus fungsi yang terdapat pada suatu molekul yang menyerap IR dapat diketahui dengan membaca spektra serapan pada panjang gelombang tertentu (Sari & Asriza, 2017).

Berdasarkan hasil analisis FTIR pada penelitian sebelumnya (Nurhadini dkk, 2019; Sunardi, 2010; Nmiri, 2017) dapat disimpulkan bahwa adanya serapan yang menunjukkan gugus fungsional kaolinit terdapat pada bilangan gelombang  $3678\text{ cm}^{-1}$ ;  $1003\text{ cm}^{-1}$ ;  $913\text{ cm}^{-1}$ ;  $780\text{ cm}^{-1}$ ; dan  $684\text{ cm}^{-1}$ .

### **2.4.2. X-Ray Diffraction (XRD)**

Struktur kristal dari kaolin, volume kisi dan parameter kisi kaolin dapat dilihat dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Jika suatu kristal terkena sinar-X, sinar tersebut akan didifraksi oleh bidang atom dalam kristal tersebut (Simallman & Bishop, 2000).

Prinsip kerja dari XRD berdasarkan pendekatan hukum Bragg yaitu apabila permukaan suatu Kristal ditembakkan sinar-X membentuk sudut  $\theta$ , maka lapisan pada permukaan kristal akan memantulkan sinar-X dengan sudut pantul sama dengan sudut datang. Secara matematik, hukum Bragg dinotasikan dalam persamaan berikut:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Keterangan :

$\theta$  = sudut datang pada bidang normal

$n$  = bilangan bulat suatu fasa

$d$  = jarak antara dua bidang kisi

$\lambda$  = panjang gelombang

Puncak difraksi yang diperoleh pada penelitian Nurhadini dkk, (2019) menyebutkan fasa kristal pada kaolin alam yang berasal dari kaolin Bangka Belitung mempunyai komponen penyusun yaitu kaolinit dan kuarsa. Penelitian Sunardi dkk, (2011) mineral kaolinit muncul pada puncak difraksi ( $2\theta$ ) yaitu  $12,42^\circ$ ;  $20,40^\circ$ ;  $24,88^\circ$ .