

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kasus-kasus pencemaran logam berat**

##### **2.1.1. Sungai Citarum**

Salah satu sungai paling tercemar di daerah Jawa Barat adalah Sungai Citarum. Walaupun disebut sebagai sungai yang tercemar namun sungai ini memiliki peran yang amat penting dalam memutar roda perekonomian. Selain menjadi rotor dalam roda perekonomian sungai Citarum dijadikan sebagai bahan air baku untuk air minum daerah Provinsi Jawa Barat dan juga Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Penyebab utama dari pencemaran di Sungai Citarum antara lain adalah terdapatnya sektor industri di daerah aliran Sungai (Sunardi dkk, 2012).

Sungai Citarum menunjukkan bahwa konsentrasi beberapa logam berat tingginya melebihi baku mutu maksimum yang dipersyaratkan baik untuk kelas air maupun limbah cair. Di beberapa lokasi pengambilan sampel air, krom heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ), tembaga (Cu), Zinc (Zn), timbal (Pb), merkuri (Hg), mangan (Mn) dan besi (Fe) berada pada konsentrasi yang membahayakan (Sunardi dkk, 2012).

##### **2.1.2. Teluk Jakarta**

Pencemaran di Teluk Jakarta sudah memprihatinkan, pada kerang hijau, konsentrasi Merkuri (Hg) sudah menyentuh angka lebih dari 40 mg/kg yang jauh lebih tinggi dari baku mutu konsumsi yaitu 1 mg/kg (Jalius dkk, 2008).

Pencemar berasal dari banyaknya industri di Jakarta, khususnya pabrik barang elektronik yang masih menggunakan bahan merkuri, dan membuang limbahnya ke sungai yang berujung ke Teluk Jakarta, hal yang sangat disayangkan di sini adalah betapa minimnya tindakan Pemerintah dalam menindak hal ini.

## 2.2. Logam Berat

Logam berat didefinisikan sebagai senyawa logam yang memiliki densitas setidaknya lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan air. Logam berat memiliki toksisitas atau bersifat racun, tingkat toksisitas logam berat dipengaruhi beberapa faktor yakni dosis, rute paparan, umur, jenis kelamin, *genetic* atau keturunan dan juga status gizi seseorang (Tchounwou *et al*, 2012). Senyawa logam berat juga bersifat karsinogenik. Beberapa sifat logam berat lainnya antara lain sulit didegradasi, dapat terakumulasi dalam organisme termasuk ikan dan kerang, dan mudah terakumulasi di dalam sedimen (Palar,2008).

Logam berat dibagi menjadi dua berdasarkan toksikologinya, yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial merupakan logam yang dibutuhkan oleh tubuh manusia namun dalam dosis atau jumlah tertentu, contoh dari logam berat esensial yakni Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan Se. Sedangkan logam berat non esensial dapat diartikan sebagai logam yang beracun (*toxic metal*). Dikarenakan sifatnya yang beracun maka logam yang termasuk dalam golongan ini memberikan efek yang negatif bagi kesehatan manusia, contoh dari logam ini yakni Hg, Pb, Cd, Sn, Cr(VI) dan As (Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya BPOM RI, 2010).

### 2.2.1. Logam Timbal Pb(II)

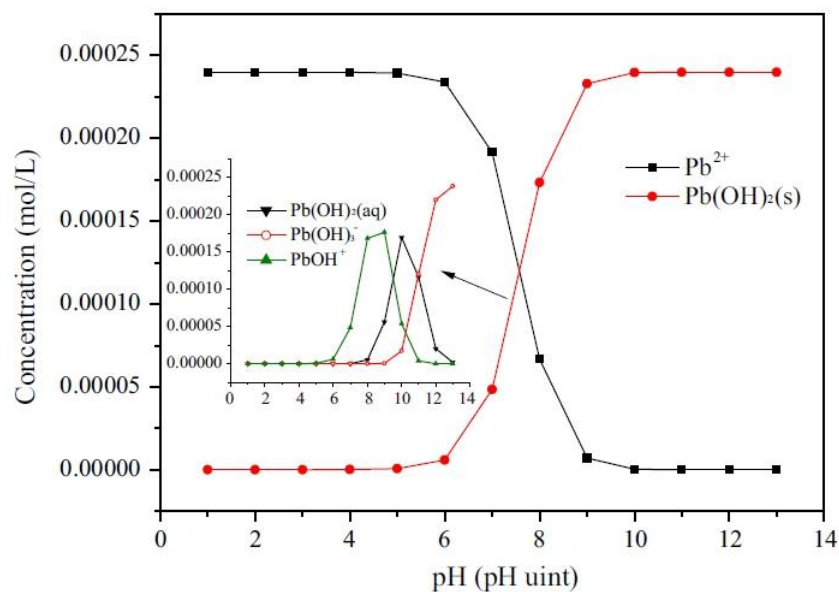
Timbal (Pb) termasuk ke dalam logam Golongan 14 dalam tabel periodik dan memiliki nomor atom 82. Timbal (Pb) adalah logam yang lunak, berwarna abu-abu kebiruan, memiliki densitas yang tinggi ( $11,34 \text{ gr/cm}^3$ ), titik didih  $1755^\circ\text{C}$  , titik leleh  $327,5^\circ\text{C}$ , tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, larut dalam semua asam organik (Saito, 1996).

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang baku mutu limbah cair PerMen LH No.5 Tahun 2014 menyatakan bahwa batas maksimum untuk logam berat Pb dalam air adalah 0,1 mg/L.

Timbal (Pb II) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Timbal (Pb) dapat berdampak pada sistem reproduksi, mengganggu mekanisme hormon pada level *hypothalamic-pituitary*. Paparan logam timbal menyebabkan menurunnya tingkat produksi sperma dan testosteron para pekerja (Derelanko & Hollinger, 2002).

### 2.2.2. Spesiasi Logam Timbal Pb(II)

Logam berat timbal Pb(II) memiliki fase yang berbeda dalam pH yang berbeda pula. Pada saat pH rendah banyak ditemukan ion  $Pb^{2+}$  yang ada, sedangkan untuk pH di atas 6 atau lebih tepatnya 6,3 padatan  $Pb(OH)_2$  mulai terbentuk (Issabeyeva, 2006). Ketika ion  $Pb^{2+}$  menghilang selanjutnya digantikan oleh  $Pb(OH)_2(s)$  yang terus naik sampai batas tertinggi di pH 9 (Yang *et al*, 2016). Spesiasi logam berat Pb(II) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Spesiasi logam berat Pb(II) dalam air

(Sumber: Yang *et al*, 2016)

### 2.3. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses adhesi (pelekatan) material pada kulit partikel (Rittner & Bailey, 2005). Adsorpsi juga digunakan untuk menggambarkan bahwa kecenderungan molekul dari fase cair untuk menempel pada permukaan padatan (Considine, 2005).

#### 2.3.1. Jenis Adsorpsi

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu: (Reynolds & Richards, 1995)

1. Adsorpsi Fisik (*Physical Adsorption*) atau Van Der Walls Adsorption  
Adsorpsi fisik terjadi bila gaya intermolekular yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut dengan gaya Van der Walls sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Adsorpsi ini berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (*multi layer*), dan dapat bereaksi balik (*reverseible*), karena energi yang dibutuhkan relatif rendah.
2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*) atau *Activated Adsorption*.  
Adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion. Gaya ikat adsorpsi ini bervariasi tergantung pada zat yang bereaksi. Adsorpsi jenis ini bersifat tidak reversibel dan hanya dapat membentuk lapisan tunggal (*monolayer*). Media yang digunakan dalam penangkapan pada proses adsorpsi ini berupa zat padat. Padatan yang digunakan untuk proses adsorpsi tersebut harus mempunyai sifat-sifat spesifik seperti luas permukaan yang besar. Contoh dari aplikasi adsorpsi ini ialah *ion exchange*.

### 2.3.2. Model Adsorpsi

Model merupakan representasi dari suatu kondisi nyata di lapangan yang menekankan pada beberapa aspek yang penting dengan tidak mengindahkan aspek lainnya. Model adsorpsi konvensional yang sering diterapkan yakni model isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir (Ruthven, 1984):

#### 1. Isoterm Langmuir

Model adsorpsi Langmuir mendefinisikan bahwa terdapat satu lapisan permukaan (*monolayer*) pada permukaan adsorben. Ada beberapa asumsi pada model ini, yaitu :

- a. Molekul diadsorpsi oleh *site* (tempat terjadinya reaksi di permukaan adsorben) yang tetap,
- b. Masing-masing *site* dapat “memegang” satu molekul adsorbat,
- c. Setiap *site* memiliki energi yang setara,
- d. Interaksi antara molekul yang teradsorpsi dengan *site* sekitarnya tidak ada.

#### 2. Isoterm Freundlich

Berkebalikan dengan isotherm Langmuir, isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap *site* (Phuengsarop *et al*, 2011).

### 2.3.3. Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi adalah kemampuan suatu adsorben dalam menyerap atau mengadsorpsi adsorbat (Deviyanti dkk, 2014). Kapasitas adsorpsi ditentukan dari beberapa faktor, antara lain adalah waktu kontak dan porositas dari adsorben. Dengan semakin tinggi porositas dan semakin lama waktu kontak maka akan semakin tinggi pula kapasitas adsorpsi suatu adsorben.

#### a. Waktu Kontak

Waktu kontak adalah salah satu faktor yang menentukan dalam proses adsorpsi. Adsorpsi ion dari suatu zat terlarut akan meningkat berbanding lurus dengan waktu yang dikontakan. Dengan adanya waktu kontak yang lebih lama akan memengaruhi penempelan molekul zat terlarut (adsorbat) untuk lebih efektif. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan setimbang berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Hasrianti, 2012).

#### b. pH

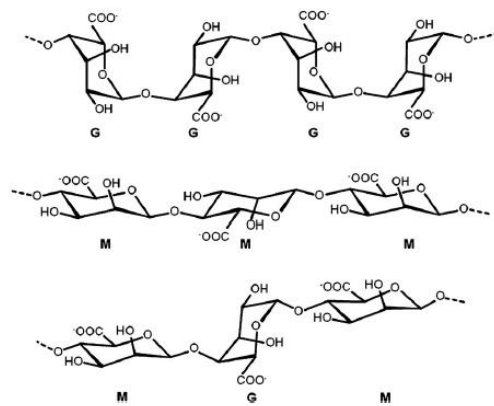
pH adalah derajat keasaman atau tingkat keasaman. pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH mempengaruhi sisi aktif biomassa serta berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam. pH optimum cenderung berada pada pH pertengahan bukan pada pH rendah maupun pH tinggi. Pada pH rendah (2,2), permukaan adsorbent bermuatan positif (karena gugus fungsi pada adsorben terprotonisasi) sehingga penyerapan terbilang rendah. Pada pH tinggi (8,3), penyerapan cenderung rendah karena terjadi pengendapan yang menyebabkan jumlah ion logam berat pada larutan berkurang pada adsorbat kulit singkong (Hasrianti, 2012).

## 2.4. Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut inti yang berupa suatu senyawa aktif padat, cair, gas, ataupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Enkapsulasi membantu memisahkan material inti dengan lingkungannya hingga material tersebut terlepas (*release*) ke lingkungan. Material inti yang dilindungi disebut *core* dan struktur yang dibentuk oleh bahan pelindung yang menyelimuti inti disebut sebagai dinding, membran, atau kapsul (Kailasapathy, 2002, dan Krasaekoopt *et al*, 2003). Kapsul merupakan bahan semipermeabel, tipis, berbentuk bulat dan kuat dengan diameter bervariasi dari beberapa mikrometer hingga millimeter (Anal & Singh, 2007).

## 2.5. Alginat

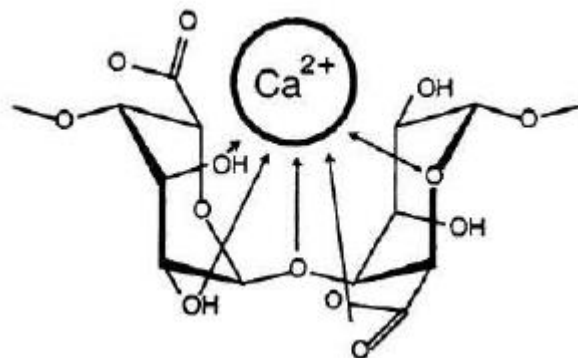
Alginat merupakan salah satu hidrokoloid alami. Alginat pada umumnya diekstraksi dari alga coklat (*Phaeophyceae*), termasuk di dalamnya *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum*, dan *Macrocystis pyrifera* (Lee dan Mooney, 2012). Alginat merupakan kopolimer rantai lurus dari residu asam  $\beta$ -(1-4)-D-manuronat (M) dan asam  $\alpha$ -(1-4)-L-guloronat (G) yang membentuk homopolimer M, homopolimer G dan homopolimer MG (Ca'rdenas *et al*, 2003). Struktur molekul dari alginat dapat dilihat pada Gambar 2.2. Alginat dapat membentuk jel (formasi egg-box), film, manik (beads), pelet, mikropartikel, dan nano partikel (Sarmiento *et al*, 2007).



**Gambar 2.2** Struktur Molekul Natrium Alginat

(Sumber: Lee & Mooney, 2012)

Alginat dapat membentuk jel matriks natrium alginat dengan beberapa cara antara lain, penambahan kation divalent (dimisalkan  $\text{Ca}^{2+}$ ), *covalent cross-linking*, dan *thermal gelation* (Lee & Mooney, 2012). Salah satu dari cara pembentukan jel matriks kalsium alginat adalah dengan penambahan kation divalen (misalnya  $\text{Ca}^{2+}$ ). Kation divalent berfungsi sebagai penaut silang antar molekul alginat, yang menyebabkan terjadinya gelatinisasi. Kapsul kalsium alginat sangat berpori yang memungkinkan air dapat berdifusi keluar masuk matriks (Rokka & Rantamaki, 2010). Ikatan yang terbentuk antara  $\text{Ca}^{2+}$  dengan alginat dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Pengaruh kation  $\text{Ca}^{2+}$  terhadap struktur alginat

(Sumber: Wang et al, 2006)



## 2.6. Pembuatan Fiber Teknik Ekstruksi Rotasi

Pembuatan fiber dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya *melt spinning*, *dry spinning*, *wet spinning* dan *electrospinning*. Beberapa jenis fiber sintetis antara lain *nylon*, *polyester*, *olefin*, sulfur, dan lain-lain dibuat dengan penerapan metode *spinning* khususnya dengan menggunakan teknik *melt spinning*. Pada proses *melt spinning* padatan polimer dilelehkan terlebih dahulu, selanjutnya polimer yang dilelehkan dilewatkan pada sebuah *filter* yang dinamakan *spinneret*, kemudian lelehan polimer mengalami perubahan fasa menjadi padatan kembali dan membentuk *fiber* (Sautter, 2005).

Teknik ekstrusi rotasi merupakan teknik yang diadaptasi dari teknik *melt spinning*. Teknik ekstrusi rotasi berbeda dari teknik yang lain, teknik ekstrusi rotasi melibatkan gaya sentripetal pada proses pembuatannya. Pembuatan fiber dengan teknik ekstrusi rotasi dapat dilakukan dengan cara yang sederhana dan biaya yang murah. Teknik ekstrusi rotasi ini dilakukan dengan cara memutar lelehan polimer dengan kecepatan sudut tertentu dan melewatkannya pada sebuah filter, hingga lelehan polimer berubah fasa menjadi padatan dan membentuk fiber (Ramakhrisna *et al*, 2005).