

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Adsorpsi**

##### **2.1.1 Pengertian Adsorpsi**

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Saragih, 2008).

##### **2.1.2 Mekanisme Adsorpsi**

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008). Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Proses

adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat antar molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain (Khairunisa, 2008).

### 2.1.3 Jenis Adsorpsi

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

- a. 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 (Sudirjo, 2005).
- b. Adsorpsi kimia 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. Adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia dibedakan berdasarkan kriteria antara lain, dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Bansal, 2005).

**Tabel 2.1** Jenis Adsorpsi

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi kimia
Entalpi adsorpsi kecil (biasanya kurang dari 20 KJ/mol)	Entalpi adsorpsi besar (biasanya antara 40-400 KJ/mol)
Terjadi adsorpsi multiayer	Kebanyakan monolayer
Terjadi pada temperatur dibawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperatur tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi	Proses adsorpsi terjadi bila sistem mempunyai energi aktivasi

(Sumber: Bansal, 2005)

#### 2.1.4 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

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

- Agitasi

Agitasi adalah keadaan bergolak atau bisa disebut turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh difusi lapisan dan difusi pori, tergantung pada keadaan larutan, tenang atau bergolak/turbulen.

- Karakteristik Adsorben

Karakteristik adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran dan luas permukaan partikel. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi akan semakin cepat, sementara semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak.

- Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel di permukaan adsorben. Partikel adsorbat yang 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 (Hassler, 1974).

- 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 (Culp & Culp, 1986).

- pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi, disebabkan ion hidrogen dapat menjerap 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. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

- 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.

- Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, disebabkan perbedaan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat berbeda-beda (Low, 1995). Kondisi *eqilibrium* akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu (Han, 2007).

### 2.1.5 Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom).

- Cara statis (*batch*) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.
- Cara dinamis (kolom) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*efluen*) sesuai yang volumenya lebih kecil (Apriliani, 2010).

## 2.2 Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada zat padat terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan Isotherm dikaji oleh Freundlich, Langmuir, serta Brunauer, Emmet dan Teller (BET). Tipe Isotherm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi fase cair maupun padat yang pada umumnya menganut tipe Isotherm Freundlich dan Langmuir. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan presentase penyerapan yang tinggi (Aprliani, 2010).

## 2.3 Aktivasi Adsorben

Aktivasi adsorben dapat dilakukan dengan aktivasi fisika maupun kimia. Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO<sub>2</sub> (Sembiring, dkk, 2003). Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor yang ada pada adsorben. Kenaikan temperatur aktivasi pada kisaran 450°C-700°C dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dari adsorben (Raharjo, 1997).

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring, dkk, 2003). Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>), magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>), seng klorida (ZnCl<sub>2</sub>), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan natrium klorida (NaCl). Bahan-bahan pengaktif tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi

permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

#### **2.4 Biosorpsi**

Biosorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasi logam berat. Proses biosorpsi ini dapat terjadi karena adanya material biologi yang disebut biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat sehingga mudah terikat pada biosorben (Putra & Putra, 2005). Mikroorganisme seperti ganggang, bakteri, ragi, jamur, dan daun tumbuhan dapat digunakan sebagai biosorben untuk menyerap logam berat dari hasil buangan industri (Pavasant, dkk, 2005).

Hasil-hasil penelitian tentang biosorpsi logam berat menunjukkan kapasitas pengikatan dari biomassa tertentu sebanding dengan resin penukar kation sintetik komersial (Wase & Foster, 1997). Proses biosorpsi terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalent seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, tiol, hidroksil, fosfat dan hidroksil-karbonil yang berada pada dinding sel (Suhendrayatna, 2001).

#### **2.5 Limbah Media Tumbuh Jamur (*Baglog*)**

Limbah media tanam jamur dihasilkan sebagai dampak dari proses budidaya jamur yang dewasa ini semakin mengalami peningkatan baik mutu maupun jumlahnya. Peningkatan jumlah memang akan berdampak pada meningkatnya produksi jamur tiram, tetapi peningkatan ini juga berarti terjadi peningkatan limbah media tanam jamur yang dihasilkannya. Bahan yang umumnya dijadikan sebagai media tanam jamur antara lain serbuk kayu, bahan ini merupakan bahan dasar pembuatan media tanam. Serbuk kayu mengandung beragam zat didalamnya yang dapat memacu pertumbuhan atau sebaliknya. Zat-zat yang dibutuhkan jamur untuk tumbuh yaitu karbohidrat serat dan lignin, sedangkan zat yang dapat menghambat pertumbuhan yaitu zat metabolit sekunder atau yang umum dikenal sebagai getah

dan atsiri. Selain gergaji bahan tambahan yang dicampur dalam *Baglog* jamur yaitu kapur, bekatul serta gips atau  $\text{CaSO}_4$  (Muchlisin, 2013).



**Gambar 2.1** Limbah *Baglog* Jamur

(Sumber: Data Primer, 2016)

Komposisi *Baglog* jamur sendiri bisa bervariasi tergantung dari produsen. Adapun dalam penelitian ini komposisi *Baglog* jamur terdiri dari serbuk kayu, bekatul, bekatul jagung dan kapur yang berasal dari produsen di daerah Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I.Y. *Baglog* yang dijadikan sampel penelitian ini memiliki komposisi yang dalam 1kg terdiri dari Serbuk Kayu (79,8%), Bekatul (16,14%), Bekatul Jagung (1,62%), serta kapur (2,42%).

Serbuk gergaji merupakan limbah pengrajin kayu yang mempunyai komposisi kimia 40-45% selulosa, 18-33% lignin, 21-24% pentosan, 1-12% zat ekstraktif, dan 0,22-6% abu (Vademecum Kehutanan, 1976). Dari proses penggilingan padi diperoleh beras sebanyak 60-65%. Kulit padi terdiri atas hull yang merupakan kulit bagian terluar dan bran (bekatul) yang merupakan bagian dalam atau selaput biji. Bekatul merupakan bahan pangan yang memiliki kandungan serat yaitu selulosa sebesar 8,7-11,4% dan hemiselulosa 9,6-12,8% (Nursalim, 2007).

Gamping sebagai salah satu bahan yang ditambahkan dalam media tumbuh jamur juga berperan sebagai adsorben karena mengandung unsur kalsium. Menurut Aziz. H.A, dkk (2001) dan Rouff. A.A, dkk (2006) adsorpsi logam berat menggunakan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah teknik yang efektif untuk

menghilangkan logam berat dari sampel air. Banyak peneliti telah menggunakan batu kapur alami untuk menghilangkan ion-ion logam beracun dalam air tercemar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\text{CaCO}_3$  secara signifikan menangkap ion-ion logam berat dari larutan seperti  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$  (Ahmad, dkk, 2012).

## 2.6 Logam Berat Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat dengan penyebaran yang sangat luas di alam, logam ini bernomor atom 48, massa atom relatif 112,411 g/mol dengan titik cair  $321^\circ\text{C}$  dan titik didih  $765^\circ\text{C}$ . Kadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Kadmium merupakan logam lunak berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas ammonia ( $\text{NH}_3$ ). Umumnya Kadmium terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti *Cadmium Oxide*, *Cadmium Chloride* dan *Cadmium Sulfide*. Kebanyakan Kadmium (Cd) merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga Kadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, dan baterai. Di lingkungan alami yang bersifat basa, Kadmium akan mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik (Sanusi, 2006).

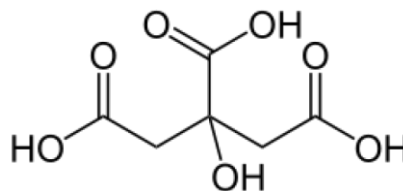
Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena unsur ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Logam ini memiliki kemampuan untuk terakumulasi. Keracunan yang disebabkan oleh Kadmium dapat bersifat akut dan kronis. Logam Kadmium merupakan logam asing dalam tubuh dan tidak dibutuhkan dalam proses metabolisme. Logam ini teradsorpsi oleh tubuh manusia yang akan menggumpal di dalam ginjal, hati, dan sebagian dibuang keluar melalui saluran pencernaan. Keracunan Kadmium dapat mempengaruhi otot polos pembuluh darah. Akibatnya tekanan darah menjadi tinggi yang kemudian bisa menyebabkan terjadinya gagal jantung dan kerusakan ginjal (Pararaja, 2008). Keracunan Kadmium yang bersifat akut juga akan menyebabkan gejala *gastrointestinal* dan penyakit *glomerulo-nephritis* (Slamet, 2000). Efek akut yang diakibatkan oleh paparan Kadmium akan mengakibatkan iritasi lokal. Kadmium



yang masuk ke dalam tubuh akan mengakibatkan efek mual, muntah-muntah dan nyeri perut. Sedangkan Kadmium yang terhirup melalui saluran pernapasan akan mengakibatkan efek endema paru-paru dan pneumonitis kimia (Frank, 1995). Efek utama dari keracunan Kadmium adalah lemah dan rapuh tulang, kaki sakit, dan gaya berjalan melenggang seiring berkembang karena cacat tulang yang disebabkan oleh Kadmium.

## 2.7 Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ )

Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) adalah asam hidroksi trikarboksilat (2 hidroksi-1, 2, 3-propana trikarboksilat) yang diperoleh dari ekstraksi buah-buahan atau hasil proses fermentasi. Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) merupakan senyawa organik yang pertama kali diisolasi dan dikristalkan oleh Scheele pada tahun 1784 dari sari buah jeruk kemudian dibuat secara komersial pada tahun 1860 di Inggris (Wertheim & Jeskey, 1956). Struktur kimia Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) seperti terlihat pada Gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2.2** Rantai Senyawa Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ )

(Sumber: <http://www.chemistry.about.com>)

Keasaman Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) disebabkan oleh adanya tiga gugus karboksil (COOH), dimana dalam bentuk larutan masing-masing gugus akan melepaskan ion protonnya. Jika ini terjadi maka akan terbentuk ion sitrat. Sitrat membuat penyangga yang sangat baik untuk mengendalikan pH.

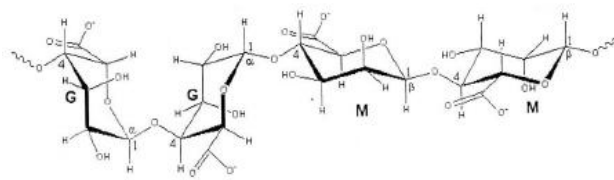
Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi karena gugus karboksilat memiliki ion negatif sementara target dalam penelitian ini memiliki ion positif. Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) juga umum digunakan sebagai agen penghubung untuk memodifikasi bahan yang mengandung selulosa dengan membentuk ester (Zhang, 2015). Asam Sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) juga merupakan bahan

kimia yang murah dan tidak beracun, yang mengandung 1 gugus hidroksil dan 3 gugus karboksil (Wilpiszewska, 2013).

## 2.8 Sodium Alginat

Sodium alginat merupakan produk pemurnian karbohidrat yang diekstraksi dari alga coklat (Phaeophyceae) dengan menggunakan basa lemah (Grasdalen, dkk, 1979). Sodium alginat larut dengan lambat dalam air, membentuk larutan kental dan tidak larut dalam etanol dan eter. Alginat ini diperoleh dari spesies *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria*, *Ascophyllum* dan *Sargassum* (Belitz & Grosch, 1987).

Alginate dapat diubah kedalam bentuk hidrogel dengan melalui hubungan silang (*cross linking*) dengan ion kalsium 7 divalen seperti dalam model “egg box” dimana setiap ion logam divalen mengikat dua gugus karboksil yang berdampingan dengan molekul alginate. Beberapa kelebihan dari *Alginate Gel* yaitu memiliki sifat biodegradasi, hidrofilik, dan berasal dari alam. Kehadiran gugus karboksil dalam struktur alginate dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi berbagai ion logam dibandingkan dengan polivinil alkohol dan 2-hidroksietilmetakrilat (Nayak & Lahiri, 2006).



**Gambar 2.3** Sktruktur Alginat

(Sumber: <http://www.Isbu.ac.uk>)

## 2.9 Fourier Transform Infrared (FTIR)

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* atau spektroskopi infra merah merupakan suatu metode untuk menganalisis komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000  $\mu\text{m}$  atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10  $\text{cm}^{-1}$ . Teknik spektroskopi infra merah terutama untuk

mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Fernandez, 2011).



**Gambar 2.4** Alat *FTIR*

(Sumber: <http://www.researchndevelopment.com>)

## **2.10 Scanning Electron Microscope (SEM)**

*Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari *SEM* ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energy tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar electron akan memantulkan kembali berkas electron atau dinamakan berkas electron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam *SEM* akan mendeteksi berkas electron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Mandelejev, 2012).



**Gambar 2.5** Alat SEM

(Sumber: Data Primer, 2016)

### 2.11 Metode *Batch*

Studi adsorpsi menggunakan sistem *batch* dilakukan dengan sejumlah gelas erlenmeyer berisi larutan yang mengandung zat tertentu yang akan diadsorpsi pada konsentrasi dan volume tertentu. Pada tiap-tiap gelas erlenmeyer dibubuhkan sejumlah adsorben dengan berat yang bervariasi. Selanjutnya larutan dan adsorben dalam gelas erlenmeyer diaduk dalam waktu tertentu dan setelah itu konsentrasi larutan dianalisis. Selisih konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah adsorpsi dianggap sebagai konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben. Besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh tiap satuan berat adsorben dapat dihitung dari tiap gelas erlenmeyer (Masduqi & Slamet, 2000).

### 2.12 Isotherm Langmuir

Isotherm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Persamaan Isotherm Langmuir:

$$x/m = \frac{qm \cdot b \cdot Ce}{1 + b \cdot Ce} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\frac{1}{\frac{x}{m}} = \frac{1}{qm \cdot b} \frac{1}{C} + \frac{1}{qm} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$x/m$  = Jumlah zat teradsorpsi tiap unit massa adsorben (mg/g)

$Q_0$  = Konstanta yang berkaitan dengan kapasitas adsorpsi (mg/g)

$b$  = Konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi (1/mg)

$C_e$  = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

(Masduqi & Slamet, 2000)

### 2.13 Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich mendefinisikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Persamaan Isotherm Freundlich:

$$x/m = K.C_e^{1/n} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\ln (x/m) = \ln K + 1/n \ln C \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

$x/m$  = Jumlah zat teradsorpsi tiap unit massa adsorben (mg/g)

$C_e$  = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

$K$  = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas

$1/n$  = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

(Masduqi & Slamet, 2000)

## 2.14 Penelitian Sebelumnya

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang pernah dilakukan terkait penyerapan ion logam Kadmium (Cd):

**Tabel 2.2** Penelitian Terkait Penyerapan Ion Logam Kadmium (Cd)

Jenis Adsorben	Ringkasan Penelitian	Referensi
Serbuk Kayu Meranti Merah ( <i>Shorea parvifolia Dyer</i> )	a. Aktivasi dengan tolena dan etanol (1:1) b. Metode <i>Batch</i> c. Massa 50 gr d. Waktu optimum penyerapan larutan Cd <sup>2+</sup> 120 menit sebanyak 4,3270 mg/g (tanpa aktivasi), dan 100 menit sebanyak 4,3381 mg/g (teraktivasi) dari 10 – 160 menit e. Uji pH 3-6. pH optimum 5. Diserap sebanyak 1,6188 mg/g (tidak teraktivasi), 1,1079 mg/g (teraktivasi) f. Variasi Konsentrasi 50 – 300 ppm. g. Kapasitas maksimum adsorpsi kayu meranti merah (Aktivasi) sebanyak 2,183 mg/g, dan 2,4631 mg/g untuk kayu meranti merah (Tanpa Aktivasi)	Nursiah La Nafie, M. Zakir, Meity J.K (2012)
Serbuk Kayu Pinus <i>halepensis</i>	a. Metode <i>Batch</i> b. pH 1-13. Optimum pada pH 9 dengan penyerapan >99% dari 5 ppm Cd <sup>2+</sup> dengan 20 gr adsorben. Waktu pengadukan 30 menit. c. Konsentrasi Cd <sup>2+</sup> 1 – 50 ppm. pH 9. Waktu kontak 30 menit. Maksimum penyerapan 5,36 mg/g	L. Semerjian (2010)

	<p>d. Model adsorption lebih kepada Freundlich dengan nilai Kf 2,213 dan Nf 4,194.</p> <p>e. Pada Isotherm Langmuir diketahui kemampuan adsorbsinya 7,35 mg/g</p>	
Akar dan Batang Kangkung Air	<p>a. Metode <i>Batch</i></p> <p>b. pH 1-8. Akar optimum pada pH 4, batang optimum pada pH 3.</p> <p>c. Konsentrasi 100 – 700 ppm Cd<sup>2+</sup>. Konsentrasi optimum yang terserap sebanyak 91, 862 mg/g pada akar, dan batang sebanyak 91,118 pada konsentrasi 600 ppm Cd<sup>2+</sup>.</p>	Iffatunniswah S., Vanny M. A., Tiwow & Baharuddin H. (2012)
Jerami Padi	<p>a. Metode <i>Batch</i></p> <p>b. Aktivasi dengan HNO<sub>3</sub></p> <p>c. Waktu pengadukan 60 menit dengan massa 0,1 gr</p> <p>d. pH optimum terjadi pada pH 6 dari pH 1 – 9</p> <p>e. Penyerapan sebanyak di atas 70% dari 25 ppm larutan Cd<sup>2+</sup></p>	Ahmad Fatoni, Noor Hindrawati, Norma Sari (2010)
<i>Baglog</i> Jamur	<p>a. Metode <i>Batch</i></p> <p>b. Aktivasi dengan HCl 1 M</p> <p>c. Massa optimum 100 mg, pH optimum larutan 6, waktu optimum 120 menit</p> <p>d. Isotherm model yang cocok adalah Langmuir</p> <p>e. Kapasitas maksimum adsorpsi logam Cd<sup>2+</sup> oleh <i>Baglog</i> jamur 12,82 mg/g</p>	Nazmie Aldriyan Nur (2015)