

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Adsorpsi

##### 2.1.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terjerap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan.

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan zat pencemar (adsorbat), baik pada fase cair maupun gas. Karena adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik (Sawyer et al, 1994 dalam Masduki dan Slamet, 2000).

Secara umum adsorpsi dapat dibagi menjadi dua (Reynolds & Richards, 1995), yaitu:

1. Adsorpsi fisik (*Physical adsorption*) atau Van der Waals adsorption. Adsorpsi fisik 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 antar molekul-molekul fluida, sedangkan gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul-molekul fluida dengan permukaan padat. Adsorpsi ini berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (*multilayer*), dan dapat bereaksi balik (*reversible*), karena energi yang dibutuhkan relatif rendah. Ketika energi ikatan molekul antara zat terlarut dengan

adsorben lebih besar daripada energi ikatan antara zat terlarut dengan limbah, zat terlarut diadsorpsi diatas permukaan adsorben.

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 reversible dan hanya dapat membentuk lapisan tunggal (monolayer).

### **2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi**

Berikut ini merupakan faktor yang mempengaruhi adsorpsi dalam penjerapan adsorbat :

1. 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.

2. Agitasi

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

3. Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena partikel adsorben 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.

#### 4. pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi. Ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat memengaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih diadsorpsi dalam suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih bisa diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

#### 5. 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 menyerap, sedangkan ada beberapa senyawa yang sangat larut namun dapat diserap dengan mudah (Hassler, 1974 dalam Benefield, 1988).

#### 6. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, ini dikarenakan perbedaan kemampuan mengikat adsorbat, Kondisi ekuilibrium akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu.

#### 7. Temperatur

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

## **2.2 Biosorpsi**

### **2.2.1 Pengertian Biosorpsi**

Biosorpsi merupakan salah satu teknik alternatif untuk pengolahan limbah, merupakan pengambilan logam-logam berat oleh materi biologi dari larutannya dalam air (Vieira & Volesky, 2000) yang diharapkan dapat pula mengurangi pencemaran dari zat warna dan merupakan salah satu metode alternatif untuk menghilangkan zat warna dalam limbah batik karena biayanya murah dan ketersediaan biosorbennya mudah.

Beberapa biosorben yang dapat digunakan dalam penanganan limbah kromium adalah serbuk gergaji, hasil samping pertanian, limbah industri makanan, bakteri, mikroalga dan rumput laut. Keunggulan biosorben ini adalah relatif mudah didapatkan, ramah lingkungan, dan dapat diperbaharui.

### **2.2.2 Modifikasi Biosorben**

Untuk memperoleh biosorben dengan kemampuan biosorpsi yang lebih tinggi perlu dilakukan pengaktifan dengan menggunakan asam. Aktivasi bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat kimia dan fisika yang lebih baik seperti keasamaan permukaan. Perlakuan dengan asam menyebabkan terjadinya pertukaran kation yang terkandung dalam rumput laut dengan kation  $H^+$  dari asam dan melarutkan pengotor yang terdapat pada biosorben sehingga kapasitas biosorpsinya meningkat (Seki & Akira, 1998).

Modifikasi adsorben bertujuan meningkatkan kapasitas dan efisiensi adsorpsi dari adsorben. Modifikasi dapat dilakukan dengan memberi perlakuan kimia seperti direaksikan dengan asam dan basa juga dengan perlakuan fisika seperti pemanasan dan pencucian (Marshall & Mitchell 1996). Modifikasi adsorben dengan asam paling umum dilakukan dan terbukti sangat efektif dalam meningkatkan kapasitas dan efisiensi adsorben (Gufta 1998). Asam sitrat merupakan salah satu asam yang sering digunakan untuk memodifikasi biomassa, selain HCl, asam nitrat dan asam fosfat.

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

Masalah yang sering muncul di dalam industri jamur adalah tingginya tingkat kegagalan produksi akibat tidak optimumnya pertumbuhan miselia. Miselia yang tidak tumbuh dapat disebabkan oleh media tanam yang digunakan tidak steril atau terkontaminasi jamur lain sehingga meskipun telah melalui proses sterilisasi media tanam, jamur tidak mampu tumbuh di atasnya (Suriawiria, 2002). Sehingga dari kasus yang disebutkan tersebut menghasilkan limbah media tanam Jamur yang biasa disebut *Baglog*.



Gambar 2.1 Limbah *Baglog* Jamur

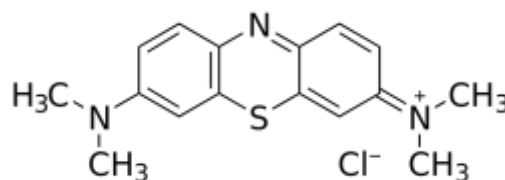
*Sumber : Data Primer, 2016*

Komposisi *baglog* jamur sendiri bisa bervariasi tergantung dari produsen. Adapun dalam penelitian ini komposisi *baglog* jamur terdiri dari serbuk gergaji, bekatul, dan gamping yang berasal dari produsen di daerah Dusun Gemengsari, Kelurahan Umbulharjo, 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 dalam Dumanauw, 1999).

#### 2.4 Zat Warna *Methylene Blue*

*Methylene Blue* atau metiltionium klorida memiliki rumus molekul  $C_{16}H_{18}N_3S \cdot Cl_3 \cdot 3H_2O$ . Metilen biru yang dimurnikan berbentuk kristal berwarna hijau kegelapan. Sifat-sifatnya antara lain tidak berbau, stabil dalam udara, larut dalam air, alkohol dan kloroform. Metilen biru yang dilarutkan dalam air akan berwarna biru tua. Proses pembuatannya melalui oksidasi dari p-aminodimetilanilin dengan  $FeCl_3$  dalam asam sulfat (Sax & Lewis, 1987). Banyak pewarna yang digunakan dalam industri tekstil, diantaranya rhodamin-B, metilen biru, dan masih banyak lagi. Metilen biru dipilih sebagai model komponen zat warna untuk mengevaluasi kemampuan adsorben. Penggunaan metilen biru sangat umum digunakan pada kegiatan industri seperti industri tekstil, kulit, kertas, plastik. Penggunaan pewarna dalam kegiatan mewarnai produk industri tersebut mengkonsumsi air dalam volume yang besar sehingga menghasilkan limbah warna dalam jumlah yang besar pula (Rafatullah, 2009). Dosis tinggi dari biru metilena dapat menyebabkan mual, muntah, nyeri pada perut dan dada, sakit kepala, keringat berlebihan, dan hipertensi (RSC 1992). Interaksi biru metilena dengan air akan menghasilkan ion dari biru metilena yang bermuatan positif. Berikut merupakan rantai senyawa *Methylene Blue* :



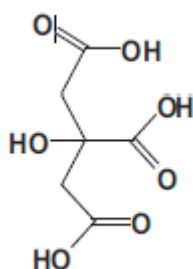
Gambar 2.2 Rantai Senyawa *Methylene Blue*

Sumber : Jain, 2010

## 2.5 Asam Sitrat (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)

Asam sitrat adalah asam trikarboksilat yang secara alami terdapat dalam buah-buahan, terutama buah sitrus yang belum masak, dan dikenal sebagai asam sitrat alami (*natural citric acid*) (Gandjar & Sjamsuridzal, 2006).

Asam sitrat dalam penelitian ini ditujukan untuk dapat memperkuat kemampuan adsorpsi karena gugus karboksilat memiliki ion negatif sementara target dalam penelitian ini (*Methylene Blue*) memiliki ion positif. Asam sitrat juga umum digunakan sebagai agen penghubung untuk memodifikasi bahan yang mengandung selulosa dengan membentuk ester (Zhang et al, 2015). Asam sitrat juga merupakan bahan kimia yang murah dan tidak beracun, yang mengandung 1 gugus hidroksil dan 3 gugus karboksil (Wilpiszewska, 2013).



Gambar 2.3 Rantai Senyawa Asam Sitrat

Sumber : Reddy, 2012 dalam Adrian 2015

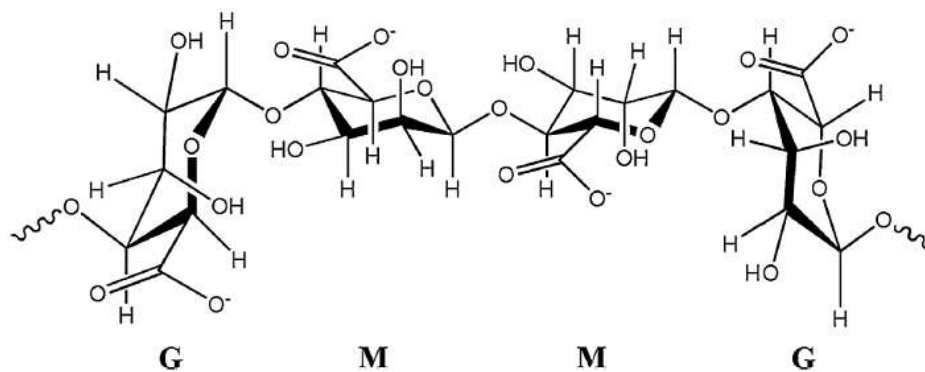
## 2.6 Sodium Alginate

*Alginate Gel* adalah istilah kolektif untuk keluarga kopomiler yang mengandung 1,4 residu asam pD-manuronat dan aL-guluronat dalam berbagai proporsi dan tatanan berurutan. Butiran kalsium *Alginate Gel* adalah salah satu teknik untuk melumpuhkan mikroba hidup dan hewan.

*Alginate Gel* dapat diperoleh dari ganggang coklat yang berasal dari genus *Ascophyllum*, *Ecklonia*, *Durvillaea*, *Laminaria*, *Lessonia*, *Macrocystis*, *Sargassum*, dan *Turbinaria*, serta jenis bakteri *Pseudomonas spp.* dan *Azotobacter spp.* *Alginate Gel* dapat diubah kedalam bentuk hidrogel dengan melalui hubungan silang (*cross linking*) dengan ion kalsium divalen seperti dalam model “egg box” dimana setiap ion logam divalen mengikat dua gugus karboksil yang berdampingan dengan molekul *Alginate Gel*. Beberapa kelebihan dari *Alginate*

*Gel* yaitu memiliki sifat biodegradasi, hidrofilik, mengandung gugus karboksil, 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 dalam Permana & Akbar, 2014).

Teknik enkapsulasi dikembangkan untuk membungkus suatu biosorben dengan lapisan yang berfungsi sebagai pelindung fisik. Tujuannya memberi tekanan secara fisik pada biosorben yang disimpan sehingga biosorben tidak terurai. Pembungkus fisik yang biasa digunakan adalah *sodium alginate*.



Gambar 2.4 Struktur Kimia *Alginate* (G adalah kelompok asam guluronat & M adalah kelompok asam manuronat)

Sumber : Salsac, Zhang, & Gherbezza (2009)

Berikut adalah karakteristik mekanik (densitas) *alginate gel* berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan.

Tabel 2.1 Densitas Rata-rata *Alginate Gel* Manik

Konsentrasi alginate (% w/v)	Densitas rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	Standar deviasi (%)
1.5	1.060	4.96
2.0	1.089	2.12
2.5	1.096	2.21
3.0	1.102	2.74
3.5	1.123	6.11

Sumber : Salsac, Zhang, & Gherbezza (2009)



## 2.7 Metode *Batch*

Studi adsorpsi menggunakan sistem *batch* dilakukan dalam sejumlah gelas erlenmeyer yang berisi larutan yang mengandung zat tertentu yang akan diadsorpsi pada konsentrasi dan volume tertentu. Pada tiap-tiap tabung dibubuhkan sejumlah adsorben dengan berat yang bervariasi. Selanjutnya larutan dan adsorben dalam tabung tersebut dikocok dalam waktu tertentu dan setelah itu konsentrasi larutan dianalisa. 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 (Masduki & Masduki, 2000).

## 2.8 *Isotherm* Langmuir

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

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

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

- 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 (Masduki & Slamet, 2000)

## 2.9 Isotherm Freundlich

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

$$x/m = K.Ce.1/n \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

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

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

(Masduki & Slamet, 2000)