

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri yang pesat dewasa ini telah menimbulkan pencemaran bagi lingkungan. Sebagai akibat dari aktifitas industri pertambangan, industri pulp dan kertas, industri tekstil, pelapisan logam, industri pertanian memicu peningkatan kadar logam berat di dalam air akibat limbah dibuang ke perairan (Metcalf *et al*, 2003; Tiwari *et al*, 2015). Limbah logam berat di lingkungan akuatik dapat membahayakan kelangsungan hidup organisme, tumbuhan dan manusia. Logam berat berbahaya bagi manusia karena dapat mengakibatkan efek biotoksis pada manusia yang nantinya akan menimbulkan penyakit akut maupun kronis (Metcalf *et al*, 2003).

Logam berat merupakan unsur logam yang memiliki berat molekul yang tinggi dan memiliki densitas besar dari 5 g/cm^3 . Beberapa unsur yang termasuk dalam kategori logam berat adalah As, Cr, Cd, Pb, Fe, Cu, Co, Hg, Se, Sb, Zn, Mn, dan Ni. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, atau udara. Logam berat seperti tembaga, selenium, atau seng dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Akan tetapi, dapat berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia didalam tubuh makhluk hidup.

Berbagai teknologi konvensional telah banyak digunakan untuk menghilangkan logam berat dari limbah cair seperti proses pengendapan (*chemical precipitation*), filtrasi, pertukaran ion (*ion exchange*), koagulasi, ekstraksi, dan osmosis balik (*reverse osmosis*) (M. Ashraf, 2011; A. Awaad, 2012). Penerapan dari berbagai metoda proses ini banyak dibatasi oleh faktor-

faktor teknik dan ekonomi. Sebagai contoh pengendapan yang digunakan sebagai proses awal tidak menjamin terpenuhinya standar baku mutu konsentrasi logam yang diizinkan serta hasil dari limbah sulit untuk diatur. Disisi lain pertukaran ion dan osmosis balik sangat efektif tetapi membutuhkan bahan adsorben yang mahal dan sukar pengolahannya.

Saat ini sedang berkembang teknologi baru dalam pengolahan limbah logam berat dalam air yaitu teknologi penyerapan/biosorpsi. Teknologi penyerapan/biosorpsi telah banyak digunakan untuk menghilangkan logam berat dari limbah cair (Tiwari, 2015). Biosorpsi merupakan proses adsorpsi dimana terjadi penghilangan atau penyerapan unsur logam yang terdapat dalam cairan dengan menggunakan adsorben padatan dari limbah biomaterial yang disebut biosorben. Limbah biomaterial atau disebut juga limbah biomassa sebagai biosorben berasal dari limbah hasil pengolahan pertanian dan perkebunan. Teknologi ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi yang telah dijelaskan diatas seperti kapasitas penyerapan logam dengan biomassa sangat baik walaupun pada konsentrasi yang rendah. Biosorben yang berasal dari limbah-limbah pertanian banyak tersedia di alam, sehingga memberikan keuntungan dibandingkan teknik konvensional sebelumnya yaitu murah, cepat dalam melakukan adsorpsi, efisiensi tinggi dan dapat diregenerasi (Y. Amin, 2010; Al-haidary, 2011; Abdullah Z *et al*, 2013; Purkayastha *et al*, 2014).

Limbah pertanian dan perkebunan yang disebut juga limbah biomassa bisa berupa limbah padat dan cair yang setiap tahun terus meningkat. Limbah padat biomassa mengandung sekitar 20-30% Lignoselulosa berupa Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin serta mengandung gugus fungsional dalam sel dan dinding sel nya seperti Hidroksil, Karboksil, Fosfat dan Amina. Limbah ini belum memiliki nilai secara ekonomis dan belum dimanfaatkan secara maksimal karena ketersediaannya selama ini hanya dimanfaatkan sebagai makanan ternak, bahan bakar, pupuk di perkebunan, dan dijadikan *pulp* dengan jumlah yang terbatas.

Upaya pemanfaatan limbah biomassa ini telah dicoba dengan mengkonversi selulosa yang ada dalam limbah tersebut menjadi *pulp* untuk bahan baku kertas, dan memanfaatkan hemiselulosanya sebagai bahan baku produksi

Furfural. Dalam proses biosorpsi, yang dimanfaatkan adalah gugus fungsional yang ada dalam sel dan dinding sel biomassa untuk menyerap logam-logam berat. Sehingga disamping bisa memberikan nilai tambah yang tinggi, penggunaan biomassa ini sebagai penyerap/biosorben terhadap logam berat juga bisa meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Beberapa biomassa telah banyak digunakan sebagai biosorben untuk logam berat diantaranya jerami gandum (Doan *et al*, 2009), kulit kacang tanah (Caiser *et al*, 2009), kulit kayu akasia (Munagapati *et al*, 2010), kulit buah pisang (Ashraf *et al*, 2011), limbah padat pengolahan minyak zaitun (M. Calero *et al*, 2011), kayu meranti (Qi *et al*, 2012), sekam padi (Achanai *et al*, 2012), daun kelor (Kumar *et al*, 2012), tempurung kelapa (Cheampong *et al*, 2011; Cheampong *et al*, 2013), kulit kacang almond (Dionisio *et al*, 2013), cangkang kelapa sawit (Chong *et al*, 2013), kulit buah nipah (Nazaruddin N *et al*, 2014), kulit buah langsung (Furqoni *et al*, 2015), mahkota dewa (Nasution, A N *et al*, 2015), *Annona muricata* (Fauzia S *et al*, 2013).

Salah satu limbah biomassa yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai biosorben dalam menyerap logam-logam berat Pb(II), Cu(II), Cd(II) dan Zn(II) adalah limbah kacang kedelai. Pada penelitian ini akan coba dimanfaatkan limbah dari batang kacang kedelai. Limbah batang kacang kedelai ini belum pernah dimanfaatkan dan selama ini hanya dibakar untuk mengurangi timbunan limbahnya. Dengan demikian pengolahan limbah dari batang kacang kedelai ini sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari perairan berpotensi cukup menjanjikan.

Pada umumnya penelitian yang telah dipelajari sebelumnya dilakukan pada skala *batch* (Abdullah Z *et al*, 2013; Acheampong *et al* 2013; Dionisio *et al*, 2013; Chong *et al*, 2013; Zein, R, 2014; Furqani *et al*, 2015; Nazaruddin N *et al*, 2015; Nasution A N *et al*, 2015). Akan tetapi metode ini sulit digunakan dalam aplikasi pada skala yang lebih besar yaitu untuk skala industri.

Untuk aplikasi pada skala besar yang akan digunakan dalam pengolahan limbah industri, proses penyerapan dilakukan dengan metode aliran kontinu. Pada penelitian ini akan digunakan metode aliran kontinu untuk penyerapan ion logam

Pb(II), Cu(II), Cd(II), dan Zn(II) di dalam kolom unggun tetap (*fixed bed column*) dengan biosorben batang kacang kedelai. Metode aliran kontinu ini digunakan untuk mendapatkan model matematis yang paling baik yang akan menggambarkan performa kolom aliran kontinu menggunakan variabel laju alir dan tinggi unggun/massa biosorben yang nantinya akan digunakan untuk *scale up* dalam aplikasi penyerapan ion logam dalam limbah cair skala industri. Model matematis ini digambarkan pada kurva *breakthrough*. Menurut (Volensky, 2000) perpindahan/transfer massa logam berat dalam cairan ke adsorben sangat dipengaruhi kecepatan adsorpsi secara keseluruhan. Menurut (M. Acheampong, 2013) yang melakukan penelitian biosorpsi ion logam Cu(II) menggunakan tempurung kelapa pada kolom unggun tetap kontinu, menyimpulkan bahwa penggunaan kolom unggun tetap (*fixed bed column*) mudah dioperasikan, dan memiliki nilai ekonomi yang lebih baik dalam pengolahan limbah dalam skala industri.

Untuk meningkatkan kapasitas penyerapan pada metoda kontinu ini dilakukan modifikasi terhadap proses penyerapan menggunakan kolom unggun tetap dengan aliran *recycle* (aliran balik). Aliran *recycle* adalah aliran bahan atau ion logam yang dikembalikan lagi ke proses penyerapan sebelum diambil sebagai filtrat proses penyerapan, dengan demikian ada waktu yang disediakan untuk terjadinya kontak kembali antara biosorben dan ion logam. Sehingga diharapkan hasil dengan metoda ini akan lebih baik dari pada metoda tanpa menggunakan aliran *recycle*.

Kebaruan penelitian ini adalah pada penggunaan metode kolom kontinu dengan aliran balik (*recycle*) untuk penyerapan logam Pb(II), Cu(II), Cd(II), dan Zn(II) menggunakan limbah batang kacang kedelai sebagai biosorben. Menurut literatur sebelumnya belum pernah dilaporkan penggunaan aliran *recycle* pada proses penyerapan ion logam khususnya Pb(II), Cu(II), Cd(II), dan Zn(II) menggunakan metode aliran kontinu.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah limbah biomassa batang kacang kedelai dapat dimanfaatkan sebagai biosorben dalam proses penyerapan ion logam dalam air limbah
2. Bagaimana kondisi optimum parameter pH, konsentrasi ion logam, ukuran partikel, dan massa biosorben untuk mendapatkan penyerapan optimum pada metode biosorpsi aliran semi kontinu menggunakan kolom ukuran diameter dalam 1 cm
3. Bagaimana kondisi optimum parameter laju alir, dan massa biosorben untuk mendapatkan model matematis profil konsentrasi – waktu (kurva *breakthrough*) pada metode penyerapan aliran kontinu dengan ukuran diameter dalam kolom 1 cm
4. Bagaimana kondisi optimum parameter laju alir, dan massa biosorben untuk mendapatkan model matematis profil konsentrasi – waktu (kurva *breakthrough*) pada metode penyerapan aliran kontinu dengan melakukan *scale up* menggunakan kolom ukuran diameter dalam 2 cm. Apakah aliran *recycle* pada metoda aliran kontinu dapat memperbaiki kapasitas penyerapan ion logam.
5. Bagaimana melakukan analisis proses sehingga teknologi ini dapat diaplikasikan untuk membantu industri menyelesaikan permasalahan limbah logam berat.

C. Tujuan Penelitian

1. Menentukan karakterisasi biosorben batang kacang kedelai sebagai penyerap ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II), dan Zn(II) dalam air limbah industri dengan melakukan analisa FTIR untuk melihat gugus fungsi didalam biosorben yang berpengaruh terhadap penyerapan ion logam, analisa SEM EDX untuk melihat morfologi permukaan biosorben

sebelum dan sesudah penyerapan, analisa XRF untuk menentukan unsur dan oksida logam dalam biosorben.

2. Menentukan kondisi optimum parameter pH pada rentang pH 2 sampai dengan 6, konsentrasi ion logam dari rentang konsentrasi 50 sampai 600 mg/L, ukuran partikel 160, 180, 212, dan 300 μm , dan massa biosorben 0,1 sampai dengan 0,5 g yang mempengaruhi kapasitas penyerapan logam pada metode biosorpsi aliran semi kontinu menggunakan diameter kolom 1 cm
3. Menentukan kondisi optimum parameter laju alir dari 2 mL/menit sampai dengan 6 mL/menit, dan massa biosorben/tinggi unggun dari 0,1 sampai dengan 0,3 g untuk mendapatkan profil konsentrasi-waktu (kurva *breakthrough*) dan model matematika BDST pada metode biosorpsi aliran kontinu pada diameter dalam kolom 1 cm untuk memperkirakan ketepatan waktu serapan dimana semua gugus fungsi terisi oleh ion logam.
4. Menentukan kondisi optimum parameter laju alir dari 2 mL/menit sampai dengan 6 mL/menit, dan massa biosorben/tinggi unggun dari 1,0 sampai dengan 3,0 g untuk mendapatkan profil konsentrasi-waktu (kurva *breakthrough*) dan model matematika BDST pada metode biosorpsi aliran kontinu dan menggunakan aliran *recycle* pada *scale up* menggunakan kolom dengan diameter dalam 2 cm.
5. Mengaplikasikan teknologi biosorpsi menggunakan kolom kontinu *Fixed Bed* pada air limbah.

D. Manfaat Penelitian

1. Mendapatkan kondisi optimum untuk pengolahan limbah cair yang mengandung yang mengandung ion logam dengan memanfaatkan biosorben
2. Memberikan informasi teknis untuk merancang sistem pengolahan limbah cair khususnya limbah ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II), dan Zn(II).