

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin berkembang membuat dunia industri semakin meningkatkan efisiensi dan produktivitas yang juga memicu perkembangan industri secara pesat. Kegiatan industri tersebut akan menghasilkan produk samping yang berupa limbah, baik limbah dalam bentuk cair, padat, maupun gas. Salah satu kandungan dalam limbah cair adalah logam berat, pembuangan limbah yang mengandung logam berat ke lingkungan seperti badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Oleh karena itu, limbah cair yang mengandung logam berat harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air agar tidak menyebabkan pencemaran. Pengolahan ini dapat dilakukan dalam IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dengan rangkaian sistem tertentu.

Logam berat telah menjadi salah satu sumber pencemar lingkungan perairan sejak lama karena sifatnya yang beracun, terakumulasi dalam tubuh organisme, dan sulit mengalami degradasi. Pada konsentrasi tinggi, logam berat bersifat toksik. Apabila logam berat masuk perairan, akan terakumulasi terutama dalam sedimen

dan terikat sebagai senyawa organik dan anorganik. Keberadaan logam berat dalam perairan salah satunya dapat bersumber dari pembuangan limbah industri seperti industri penyamakan kulit, pelapisan logam, tekstil, kertas, hingga cat (Kurniasari, 2005). Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki tingkat bahaya tinggi pada kesehatan manusia selain timbal (Pb) dan merkuri (Hg). Cd yang masuk ke perairan dapat membahayakan makhluk hidup yang mengonsumsinya dan kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan (Palar, 2012). Tingkat konsentrasi kadmium maksimum yang diperbolehkan di perairan menurut PP No 82 Tahun 2001 tentang kualitas air adalah 0,01 mg/L. Berdasarkan SNI 7387:2009, Kandungan maksimum logam berat kadmium dalam tubuh ikan adalah 0,1 mg/kg berat ikan. Logam ini dapat menyebabkan gangguan pada organ dan jaringan hewan seperti insang, ginjal, testis, jantung, hati, tulang, dan sistem darah (Sunarto, 2011). Pemaparan Cd secara terus menerus pada organisme menyebabkan akumulasi Cd dalam tubuh dan dapat menyebabkan efek toksik jika konsentrasi Cd melebihi batas toleransi tubuh. Salah satunya adalah kasus keracunan Cd massal di Jepang yang dikenal dengan *itai-itai disease*, diakibatkan dari konsumsi makanan yang tercemar oleh Cd (Palar, 2008).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk penyisihan logam berat seperti Cd yaitu adsorpsi, filtrasi, koagulasi, osmosis, ultrafiltrasi dan pertukaran ion. Diantara metode-metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang memiliki keunggulan yaitu prosesnya yang mudah dan murah serta tidak memiliki efek samping zat beracun apabila dibandingkan dengan metode lainnya (Billah, 2010). Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh

permukaan zat penjerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penjerap. Pada Adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penjerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang dijerap (Giyatmi, 2008).

Prinsip adsorpsi didasarkan pada adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan (adsorben) yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain di permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa cair (adsorbat). Interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben pada adsorpsi (Tandy, 2012). Adsorben merupakan zat padat yang dapat menjerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses penjerapan terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben berukuran sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar dibandingkan dengan 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).

Beberapa jenis adsorben yang telah digunakan secara komersial antara lain adalah karbon aktif, zeolit, silika gel, dan *activated alumina*. Kriteria dari adsorben komersial ini yaitu memiliki permukaan yang besar per unit massanya sehingga kapasitas adsorpsinya semakin besar, ketahanan struktur fisik yang tinggi, serta tidak ada perubahan volume yang berarti selama adsorpsi (Arfan, 2006). Adsorben tersebut memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, namun saat ini juga sedang

digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam yaitu adsorben non komersial. Contoh dari adsorben non komersial adalah kulit buah kakao, ampas tebu, tongkol jagung, dan lain sebagainya. Adsorben dari bahan alam yang ramah lingkungan atau material hasil limbah industri merupakan bahan yang berpotensi untuk digunakan. Adapun syarat bahan alam sebagai adsorben yaitu memiliki luas permukaan adsorben yang luas dan volume internal yang besar yang ditunjukkan dengan porositas. Kekuatan mekanis yang baik serta ketahanan terhadap abrasi juga merupakan sifat yang penting, mengingat adsorben akan mengalami proses regenerasi berulang-ulang pada saat digunakan (Kusmiyati, dkk., 2012). Penggunaan alternatif adsorben yang berasal dari alam ini memiliki beberapa keunggulan, diantaranya biaya yang relatif murah, efisiensi yang tinggi pada larutan encer, serta kemudahan proses regenerasinya (Kurniasari L., dkk., 2012).

Buah kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu hasil perkebunan yang menghasilkan limbah berupa kulit dengan jumlah yang besar. Pada tahun 2015 luas areal perkebunan kakao Indonesia tercatat seluas 1.704.982 hektar dengan total produksi 701.229 ton (Pandia dkk, 2017). Peningkatan luas areal perkebunan akan meningkatkan produksi buah kakao yang akan menyebabkan produksi limbah kakao semakin tinggi. Kulit buah kakao beratnya mencapai 75% dari seluruh berat buah, sehingga dapat dikatakan bahwa limbah utama pengolahan buah kakao adalah kulitnya. Sejauh ini kulit buah kakao di perkebunan-perkebunan besar digunakan sebagai pupuk atau pemberi nutrisi pada tanaman dan sebagai pakan ternak (Wulan, 2001). Kulit buah kakao mengandung selulosa 36,23%, hemiselulosa 1,14% dan

lignin 20 - 27,95%. Kandungan selulosa yang cukup tinggi dalam kulit buah kakao berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (Ahmad, 2011).

Terdapat beberapa penelitian yang menguji kemampuan kulit buah kakao sebagai adsorben. Beberapa penelitian tersebut umumnya memanfaatkan kulit buah kakao sebagai adsorben untuk penyisihan zat warna, logam berat Ni (II), Pb(II) dan Cd(II). Penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai adsorben telah dilakukan oleh Merlin dkk. (2015) dengan menggunakan kulit buah kakao sebagai adsorben logam berat Ni(II) pada limbah cair. Persiapan adsorben dilakukan dengan pengaktifasian adsorben dengan pemanasan kulit kakao yang telah kering di dalam oven pada suhu 80°C kemudian dihaluskan dan diayak dengan saringan 100 *mesh*. Adsorben dengan massa 0,2 g dikontakkan dengan limbah sintesis 50 mL dengan perlakuan variasi waktu kontak, pH, dan konsentrasi adsorben. Hasil dari penelitian ini yaitu waktu optimum biosorpsi ion Ni(II) oleh kulit buah kakao adalah 10 menit dan pH optimum adalah pH 5. Penelitian lain terkait kulit kakao juga dilakukan oleh Obike dkk. (2018) untuk menguji kemampuan kulit buah kakao sebagai adsorben logam berat Cu(II), Cd(II), Pb(II), dan Fe(II) pada limbah cair sintesis. Persiapan adsorben dilakukan tanpa ada pemanasan dengan suhu tertentu terlebih dahulu, kulit buah kakao yang telah kering dihaluskan kemudian diayak. Penelitian dilakukan dengan perlakuan variasi waktu kontak, massa adsorben, dan konsentrasi limbah sintesis. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kulit buah kakao dapat digunakan dengan efisien sebagai alternatif penyisihan keempat logam berat tersebut dengan harga yang rendah.

Berdasarkan kedua penelitian yang telah dilakukan tersebut, diketahui bahwa belum ada penelitian terkait kulit buah kakao sebagai adsorben yang dipersiapkan dengan perlakuan variasi suhu pemanasan untuk aktivasi adsorben. Oleh karena itu, penelitian dengan mempelajari suhu pemanasan kulit buah kakao sebagai adsorben perlu dilakukan. Variasi suhu pemanasan adsorben yang akan dipelajari adalah 120°C, 150°C, dan 200°C, sedangkan variabel proses yang diuji adalah pH. Uji karakteristik adsorben kemudian dilakukan menggunakan FTIR.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan perlakuan pemanasan berdasarkan analisis TGA, pH *point of zero charge* (pH_{PZC}), dan analisis FTIR?
2. Bagaimana efisiensi penjerapan ion logam sintetis Cd (II) menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi suhu pemanasan 120°C, 150°C dan 200°C?
3. Apakah ada perbedaan efisiensi adsorpsi pada ion logam Cd (II) limbah cair sintetis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan perlakuan pemanasan optimum berdasarkan variasi pH, serta berapakah pH optimumnya?

1.3 Asumsi Penelitian

Limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dapat digunakan sebagai adsorben logam berat Cd (II) karena mengandung kadar selulosa dan lignin yang cukup tinggi. Selulosa dan lignin mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam berat Cd (II) karena memiliki ikatan OH yang cukup banyak. Adsorpsi ion logam Cd (II) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH dan karakteristik dari adsorben yang digunakan. Terjadinya penjerapan logam berat Cd (II) yang optimal terjadi pada kondisi pH yang optimal.

1.4 Hipotesis

Hipotesis statistika dalam penelitian ini terdiri atas:

1. H_0 : Tidak ada perbedaan efisiensi adsorpsi ion Cd (II) yang terdapat pada limbah cair sintetis dengan menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi pH.

H_1 : Ada perbedaan efisiensi adsorpsi ion Cd (II) yang terdapat pada limbah cair sintetis dengan menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi pH.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan perlakuan pemanasan berdasarkan analisis TGA, pH *point of zero charge* (pH_{PZC}) dan analisis FTIR.

2. Mengetahui efisiensi penjerapan ion logam sintetis Cd (II) menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi suhu pemanasan 120°C, 150°C dan 200°C.
3. Mengetahui efisiensi adsorpsi pada ion logam Cd (II) limbah sintetis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan perlakuan pemanasan optimum berdasarkan variasi pH, serta pH optimumnya.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi terkait penggunaan kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) untuk mengolah limbah yang mengandung ion Cd (II).
2. Memberikan informasi mengenai efisiensi penyisihan ion logam berat Cd (II) dengan kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai adsorben.

1.7 Batasan Penelitian

Adsorben yang digunakan adalah adsorben yang telah diberi perlakuan pemanasan dengan variasi suhu 120 °C, 150 °C dan 200 °C. Adsorben dengan kemampuan terbaik selanjutnya digunakan untuk percobaan adsorpsi dengan variasi pH. Percobaan ini digunakan untuk mengetahui nilai pH optimum penjerapan ion Cd (II) yang terdapat pada limbah cair sintetis. Konsentrasi limbah sintetis yang digunakan pada percobaan ini adalah 50 ppm.