

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan kebutuhan vital bagi seluruh aspek kehidupan. Air bagi manusia dimanfaatkan sehari-hari untuk mandi, cuci, kakus, bercocok tanam, dan kegiatan lainnya. Air dalam aspek pembangunan memiliki manfaat lebih dalam menyejahterakan masyarakat sebagai pembangkit listrik, air baku dalam kegiatan produksi, media transportasi, serta kesehatan. Manfaat air bukan hanya untuk manusia, namun juga berperan penting bagi makhluk hidup lainnya. Hampir seluruh bagian pada makhluk hidup mengandung air yang apabila tidak dipenuhi ketersediaannya akan menyebabkan berbagai penyakit dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Seluruh kebutuhan terhadap air tersebut dapat dipenuhi karena ketersediaan air yang melimpah yaitu mencakup lebih dari 70% bagian permukaan bumi (Hossain, 2015). Akan tetapi, kuantitas air tidak selalu menjadi indikator pemenuhan air. Kuantitas air disertai dengan kualitas air yang sesuai diperlukan dalam pemenuhan kebutuhan air.

Kualitas air berperan penting dalam pelestarian fungsi air. Kualitas air berdasarkan fungsi air diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang membagi kualitas air menjadi empat kelas. Empat kelas tersebut memiliki karakteristik parameter baku mutu yang berbeda-beda berdasarkan fungsinya. Akan tetapi, fungsi air tersebut menjadi terganggu karena kualitas air yang kian menurun oleh tingginya pemasukan limbah domestik maupun non domestik ke

dalam lingkungan seiring dengan peningkatan pembangunan di berbagai bidang kehidupan (Czikkely dkk., 2018). Limbah yang masuk ke dalam lingkungan apabila memiliki karakteristik parameter melampaui baku mutu dapat menyebabkan pencemaran air. Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu dan menyebabkan air tidak dapat berfungsi sebagai peruntukannya. Oleh karena itu, pencemaran air ke lingkungan perlu dikendalikan seiring dengan laju pembangunan agar fungsi air dapat dipertahankan.

Salah satu bentuk pencemaran air yang terjadi seiring dengan laju pembangunan yaitu pencemaran akibat masuknya logam berat. Logam berat merupakan unsur logam dengan densitas  $> 5 \text{ g/cm}^3$  (Barakat, 2010). Beberapa logam berat yang terkandung di dalam pembuangan air limbah industri yang sangat berbahaya yaitu Cd, Cr, Cu, Ni, As, Pb, dan Zn (Barakat, 2010). Kadar logam berat dalam jumlah besar di lingkungan dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan. Makhluk hidup yang mengandung kadar logam berat dalam jumlah besar di dalam tubuh dapat menyebabkan berbagai penyakit (Lu dan Yuan, 2017). Sebagai contoh pada paparan merkuri dan timbal yang tinggi dapat menyebabkan penyakit ginjal, sistem peredaran darah, sistem saraf, sendi, dan sangat berbahaya bagi perkembangan otak janin (Barakat, 2010). Paparan logam lainnya yaitu tembaga, pada konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan penyakit sistem saraf pusat pada manusia seperti Alzheimer (Brewer, 2012) dan *Wilson disease* (Kulbir dkk., 2018).

Kadar Cu (II) atau tembaga dalam air sangat penting untuk diperhatikan dalam melestarikan kualitas dan fungsi air. Kadar tembaga pada air limbah industri di Jawa Timur telah diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya yang salah satunya menetapkan tembaga sebagai parameter yang diatur dalam industri pelapisan logam dengan kadar maksimum sebesar 0,6 mg/L. Pembatasan dilakukan karena sifat berbahaya pada kadar tembaga bagi makhluk hidup akibat sifat toksik yang dimilikinya. Konsentrasi tembaga terlarut dalam air laut sebesar 0,01 ppm dapat menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton sehingga menyebabkan kematian fitoplankton. Permasalahan lainnya yaitu pada konsentrasi tembaga sebesar 0,17-100 ppm dalam tenggang waktu 96 jam dapat menyebabkan kematian pada Crustasea, sedangkan kadar tembaga sebesar 2,5-3,0 ppm dalam badan perairan dapat membunuh ikan-ikan (Lestari dan Edward, 2004). Tembaga melalui jaring-jaring makanan dapat menyebabkan akumulasi tembaga pada tingkat trofik selanjutnya (Singh dan Kalamdhad, 2011), yang mana pada manusia sebagai tingkat trofik teratas dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti merusak ginjal dan hati (Goyer dan Clarkson, 2003). Permasalahan-permasalahan akibat sifat toksik tembaga tersebut menjadi dasar pentingnya pengolahan air dalam penyisihan kadar ion logam Cu (II).

Metode dalam penyisihan logam berat saat ini telah semakin dikembangkan untuk mendapatkan metode yang efektif dalam penyisihannya dan murah dalam pembiayaannya. Beberapa metode penyisihan logam berat yang banyak digunakan oleh industri antara lain presipitasi kimia, filtrasi membran, elektrodialisis, dan

adsorpsi. Metode-metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga penggunaannya disesuaikan dengan kondisi yang dimiliki. Presipitasi kimia dalam penyisihan logam berat memiliki kelebihan berupa biaya modal yang rendah, operasional yang sederhana, dan pengikatan logam yang tinggi, akan tetapi kisaran pH yang digunakan dalam prosesnya sangat pendek. Hal tersebut berbeda dengan filtrasi membran dan elektrodialisis yang tidak dipengaruhi oleh kisaran pH dalam prosesnya, namun memerlukan biaya tinggi karena adanya pembersihan akibat pengotoran membran serta konsumsi energi tinggi pada elektrodialisis. Sedangkan untuk penyisihan logam berat dengan teknologi adsorpsi, dapat memenuhi seluruh kekurangan yang dimiliki oleh metode lainnya. Kelebihan pada metode adsorpsi yaitu pembiayaan yang rendah, operasional yang mudah, serta kapasitas pengikatan logam berat yang tinggi. Selain itu, adsorpsi memiliki kisaran pH yang lebar dibandingkan presipitasi kimia (Barakat, 2010). Oleh karena itu, adsorpsi sebagai salah satu teknologi penyisihan logam dirasa sesuai untuk digunakan di Indonesia, terutama adsorpsi dengan limbah pertanian dan perkebunan sebagai adsorben karena kelebihannya yang lebih mudah didapatkan dan relatif murah (Purnawati dan Utami, 2014).

Salah satu limbah perkebunan yang sering dijumpai yaitu buah kakao (*Theobroma cacao* L.). Ketersediaan buah kakao di Indonesia sangat tinggi sehingga Indonesia masuk ke dalam negara penghasil coklat terbesar ke-3 di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana (Tumpal dkk., 2010). Tercatat luas lahan perkebunan kakao pada tahun 2007-2011 mengalami peningkatan sebesar 5,08% per tahun dari 1.379.280 Ha menjadi 1.667.254 Ha (Haryadi dan Supriyanto, 2012).

Peningkatan luas areal tanam yang diiringi dengan peningkatan produksi buah kakao persatuan luas tersebut akan mengakibatkan peningkatan limbah buah kakao. Limbah utama dari buah kakao terletak pada bagian kulit buahnya yang terdiri atas 75% dari total buah (Saputro, 2012). Kulit buah kakao merupakan material yang mengandung lignoselulosa atau memiliki komponen penyusun utama berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Komponen tersebut berpotensi untuk diolah lebih lanjut dan dimanfaatkan sebagai adsorben dalam menangani permasalahan logam berat dalam perairan (Purnawati dan Utami, 2014).

Industri Pengolahan Kakao Kelompok Tani Mulyojati di Kabupaten Mojokerto merupakan salah satu industri yang memproduksi dan memanfaatkan tanaman kakao. Tanaman kakao paling banyak dimanfaatkan pada bagian bijinya sebagai coklat yang dapat dikonsumsi. Biji kakao dimanfaatkan pula sebagai produk kecantikan seperti lulur dan masker wajah, sedangkan *butter* dari proses pemisahan *butter* dan *cake* pada *cocoa butter press* digunakan sebagai sabun. Sedangkan untuk kulit buah kakao yang dihasilkan tidak dilakukan pengolahan lanjutan dan tidak dimanfaatkan sehingga menjadi limbah kulit buah kakao. Sebagian peternak di Mojokerto memanfaatkan kulit buah kakao sebagai campuran makanan ternak. Akan tetapi, jumlah yang dimanfaatkan sebagai pakan ternak tersebut relatif sangat kecil karena ketersediaan rumput untuk pakan ternak di Mojokerto yang masih melimpah. Ketersediaan yang melimpah, pemanfaatan yang belum bersifat ekonomis tinggi, serta kandungan yang dapat mengikat logam berat tersebut menjadi dasar tingginya potensi kulit buah kakao sebagai adsorben untuk penyisihan Cu(II).

Pemanfaatan kulit buah kakao sebagai adsorben logam berat telah dilakukan dalam beberapa penelitian. Penelitian yang telah dilakukan yaitu pemanfaatan kulit buah kakao sebagai adsorben penjerapan logam berat Ni(II), Cd(II), Pb(II), dan Fe(II), pemanfaatan kulit buah kakao teraktivasi untuk menurunkan COD dan menjerap pewarna (Biru Metilena, *Malachite Green*, dan *Rhodamin Blue*), serta pemanfaatan arang aktif kulit buah kakao dalam menjerap logam berat, menurunkan kesadahan, salinitas, dan bahan organik. Penelitian adsorpsi menggunakan kulit buah kakao sebagai adsorben pada air limbah Cu (II) telah dilakukan oleh Njoku dkk. (2010). Penelitian tersebut menggunakan adsorben hasil pemanasan 110°C dengan variasi pengujian waktu kontak, pH, dan konsentrasi Cu (II). Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 0, 5, 15, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit dengan waktu kontak optimal pada 150 menit. Variasi pH yang digunakan yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 dengan pH optimal di pH 6. Variasi konsentrasi penelitian tersebut yaitu 5-100 mg/L dengan kapasitas optimal yaitu 80 mg/L.

Pemanasan adsorben dilakukan dengan berbagai variasi suhu pada penelitian ini karena adsorben organik dari limbah pertanian maupun perkebunan umumnya memiliki pengotor yang menutupi akses situs aktif adsorbat pada adsorben. Pemanasan adsorben berperan dalam pengaktifan dan peningkatan efisiensi adsorpsi dengan cara menghilangkan pengotor pada adsorben, memperbesar pori-pori adsorben, memperluas permukaan adsorben, dan meningkatkan daya jerap adsorben terhadap adsorbat (Syauqiyah dkk., 2011). Proses aktivasi pemanasan adsorben juga telah terbukti dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi dibandingkan

adsorben tanpa aktivasi. Penelitian menggunakan adsorben kulit singkong terhadap penurunan kadar Fe pada sumur gali dengan waktu kontak 2 menit menunjukkan efisiensi adsorpsi yang lebih tinggi yaitu sebesar 13,22%, dengan adsorben teraktivasi pemanasan, sedangkan efisiensi adsorpsi dengan adsorben tanpa aktivasi yaitu sebesar 7,66% (Sulastri dkk., 2018). Penelitian terkait pemanasan adsorben kulit buah kakao dalam menyerap Cu (II) di berbagai suhu juga masih belum ada. Salah satu faktor penting lainnya yang berperan dalam peningkatan efisiensi adsorpsi selain pemanasan adsorben yaitu pH larutan. Derajat keasaman (pH) larutan berpengaruh dalam kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi adsorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi (Syauqiyah dkk., 2011). Oleh karena itu, penelitian terkait pemanfaatan limbah kulit buah kakao sebagai adsorben penyerap Cu (II) dengan variasi suhu pemanasan dan pH dilakukan dalam penelitian ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan analisis *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *pH point of zero charge* ( $pH_{PZC}$ ), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)?
2. Bagaimana efisiensi adsorpsi larutan ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi suhu pemanasan adsorben 120°C, 150°C dan 200°C?

3. Apakah ada perbedaan efisiensi adsorpsi ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) pada suhu optimum pemanasan adsorben berdasarkan variasi pH, serta berapakah pH optimumnya?

### 1.3 Asumsi Penelitian

Kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) diasumsikan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menurunkan konsentrasi Cu (II) dalam air limbah. Kulit buah kakao mengandung lignoselulosa yang memiliki ikatan hidroksil (-OH) cukup banyak sehingga dapat mengikat ion logam Cu (II) dalam proses adsorpsi. Proses adsorpsi Cu (II) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu pemanasan adsorben, pH, dan karakteristik adsorben yang digunakan. Penjerapan Cu (II) akan optimal pada suhu pemanasan adsorben dan pH yang optimal.

### 1.4 Hipotesis

Hipotesis statistik penelitian ini terdiri dari:

- H<sub>0</sub>: Tidak ada perbedaan efisiensi adsorpsi ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan variasi pH.
- H<sub>a</sub>: Ada perbedaan efisiensi adsorpsi ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan variasi pH.



### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan analisis *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *pH point of zero charge* (pH<sub>PZC</sub>), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
2. Mengetahui efisiensi adsorpsi larutan ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan variasi suhu pemanasan adsorben 120°C, 150°C dan 200°C.
3. Mengetahui perbedaan efisiensi adsorpsi ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis menggunakan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) pada suhu optimum pemanasan adsorben berdasarkan variasi pH, serta mengetahui pH optimumnya.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait pemanfaatan kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai adsorben dalam upaya penjerapan ion logam Cu (II) pada air limbah sintesis dengan proses adsorpsi.
2. Memberikan informasi tentang karakteristik adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dan kemampuannya sebagai adsorben dalam penjerapan ion logam Cu (II) pada air sintesis setelah dilakukan pemanasan adsorben pada suhu 120°C, 150°C, dan 200°C.

3. Memberikan informasi kemampuan adsorpsi optimum oleh adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dalam menjerap ion logam Cu (II) pada air limbah sintetis.

### **1.7 Batasan Penelitian**

Penelitian dilakukan terlebih dahulu dengan mengujikan tiga jenis adsorben yaitu kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan suhu pemanasan adsorben 120°C, 150°C, dan 200°C pada air limbah sintetis Cu (II) 50 ppm. Adsorben dengan kemampuan adsorpsi terbaik dipilih dan digunakan dalam uji adsorpsi logam Cu (II) serta uji karakteristik adsorben. Uji adsorpsi logam Cu (II) pada air limbah sintetis menggunakan adsorben kulit buah kakao dilakukan dengan variasi pH larutan untuk mengetahui pH optimum pada efisiensi adsorpsi terbaik.