

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai saat ini, banyak Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang dioperasikan di Indonesia. Sumber bahan bakar untuk PLTU tersebut pada umumnya adalah minyak bumi 7%, gas bumi 9% dan batu bara sebesar 50%. Di tahun 2020, pemakaian batu bara mencapai 127,1 juta ton digunakan oleh PLTU di Indonesia [1]. Dari proses pembakaran batu bara, akan dihasilkan limbah dalam bentuk *fly ash* (abu terbang/abu layang) dan *bottom ash* (abu dasar/abu bawah), yang merupakan limbah dalam bentuk padat yang masih perlu diolah untuk menghindari terjadinya pencemaran lingkungan secara masif [2].

Pemerintah Indonesia telah membuat ketetapan untuk menghentikan pembangunan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara pada tahun 2025 [3]. Namun, pada kenyataannya batu bara akan terus menjadi pemasok utama listrik di Indonesia selama beberapa puluh tahun ke depan [4]. Hal ini dapat diperkirakan karena melimpahnya sumber material batu bara dan kondisi geografis negara kepulauan yang membuat pemasokan bahan bakar ini semakin mudah serta rendahnya penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) yaitu sebesar 11,3% [2, 5]. Sementara itu, banyak PLTU yang belum lama diresmikan misalnya PLTU di Tuban, Cirebon, Banten, dan Cilacap serta masih banyak lagi PLTU yang sedang dalam tahap pembangunan atau perencanaan.

Pembangkit listrik yang beroperasi saat ini akan menghasilkan energi listrik bersamaan dengan menghasilkan limbah dalam bentuk *fly ash*, *bottom ash*, dan gas rumah kaca lainnya selama beberapa dekade mendatang [6]. Ketersediaan limbah *fly ash* di Indonesia yang sangat melimpah kurang diimbangi dengan pemanfaatannya. Hingga tahun 2021, pemanfaatan limbah *fly ash* hanya berkisar 11% saja, sangat jauh berbeda dibanding dengan banyak negara besar lainnya. Peraturan Pemerintah (PP) nomor 22 tahun 2021 telah mengeluarkan *fly ash* dari daftar limbah B3, sehingga membuka luas peluang pemanfaatan *fly ash* secara luas khususnya di bidang pengolahan air bersih [7].

Fly ash telah banyak dimanfaatkan untuk keperluan industri semen dan beton, namun *fly ash* juga digunakan sebagai adsorben karena memiliki struktur pori-pori

yang kompleks dan luas permukaan yang tinggi, serta kandungan mineral seperti alumina dan silika yang dapat menyerap zat-zat pengotor dalam air dan udara melalui perlakuan kimia maupun fisika [8]. Keuntungan adsorben berbahan baku limbah *fly ash* adalah biayanya yang murah (*low cost adsorbent*) [9].

Limbah cair dengan kandungan bahan-bahan berbahaya tinggi banyak dihasilkan di laboratorium, sehingga diperlukan perlakuan khusus sebelum dibuang ke badan air penerima agar tidak tercemar. Pada umumnya limbah cair laboratorium secara kuantitas lebih sedikit dibanding limbah cair domestik atau industri, namun limbah cair ini mengandung berbagai jenis bahan kimia toksik yang secara kolektif dalam waktu yang lama dapat menimbulkan dampak yang signifikan pada lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik [10].

Laboratorium Kimia merupakan salah satu fasilitas pendidikan milik Jurusan Kimia UIN Sunan Gunung Djati Bandung yang menghasilkan limbah cair laboratorium. Karakteristik limbah cair laboratorium tersebut terdiri dari beberapa bahan logam dan non logam yang teridentifikasi sebagai kation dan anion. Berdasarkan penelitian Patimah (2016) dan Dharmawan (2019), jumlah ion logam tembaga(II) yang terdapat pada limbah cair laboratorium kimia memiliki kandungan yang sangat tinggi [11, 12].

Tembaga (Cu) memiliki sifat toksisitas bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait [13]. Hal ini dikarenakan logam tembaga yang terakumulasi dalam tubuh manusia akan menghalangi kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh sehingga masalah kesehatan kronis seperti muntah, rasa terbakar di daerah esofagus dan lambung, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma [14]. Batas konsentrasi tembaga dalam air limbah adalah maksimal sebesar 10 mg/L [15].

Darmayanti, dkk., (2018) berhasil memanfaatkan *fly ash* sebagai adsorben untuk menurunkan kadar ion logam tembaga(II) dalam larutan. Dari larutan tembaga yang telah dibuat (100 mg/L) menghasilkan efisiensi sebesar 93,9%. Adsorben *fly ash* tersebut mendapatkan hasil penurunan optimum pada waktu kontak 30 menit dengan dosis adsorben 1 g/100 mL larutan [16].

Kemampuan adsorpsi *fly ash* batu bara ini masih dapat ditingkatkan, yaitu dengan memberikan perlakuan aktivasi. Aktivator yang dapat bertindak dalam penyisihan logam berat yaitu aktivator H_2SO_4 , $ZnCl_2$, H_3PO_4 serta logam alkali hidroksida seperti NaOH dan KOH [17]. Darmayanti, dkk., (2018) kemudian melanjutkan penelitian dengan membandingkan alkali sebagai aktivator adsorben *fly ash* untuk menurunkan kadar ion logam tembaga(II) dari larutan tembaga 50 mg/L. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa alkali NaOH lebih tinggi penurunannya dibanding KOH dan tanpa aktivasi, yaitu dengan efisiensi sebesar 90,63% [18].

Pada penelitian yang dilakukan Suci (2012), hasil penurunan ion logam timbal(II) menggunakan adsorben *fly ash* teraktivasi NaOH pada larutan timbal 600 mg/L menunjukkan efisiensi sebesar 94,6% dengan waktu optimum yaitu 75 menit dan dosis optimum 2 g per 100 mL larutan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan pengaktifasian adsorben *fly ash* mampu meningkatkan kemampuan adsorben secara signifikan [19].

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penulis melakukan penelitian mengenai efisiensi adsorben *fly ash* teraktivasi NaOH dalam menurunkan kadar ion logam tembaga(II) pada limbah cair laboratorium. Sehingga limbah cair yang dibuang ke badan air memiliki kadar ion logam tembaga(II) sesuai ambang batas yang ditetapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah:

1. Bagaimana kondisi optimum adsorpsi ion logam tembaga(II) dengan adsorben *fly ash* teraktivasi NaOH?
2. Bagaimana efisiensi adsorpsi *fly ash* teraktivasi NaOH dalam menurunkan kadar ion logam tembaga(II) pada limbah cair laboratorium?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. *Fly ash* diambil dari PLTU Suralaya Banten,
2. Limbah cair laboratorium diambil dari Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,
3. Aktivator yang digunakan adalah NaOH dengan konsentrasi 3 M
4. Penentuan kondisi optimum adsorpsi berdasarkan pada massa adsorben dan waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi tertinggi dalam menurunkan kadar ion logam tembaga(II) dalam larutan model,
5. Massa adsorben yang divariasikan adalah 2, 3, 4, 5 g dalam 100 mL larutan, sedangkan waktu kontak yang divariasikan adalah 45, 60, 75, dan 90 menit,
6. Penentuan efisiensi adsorben dilakukan dengan membandingkan efisiensi pada larutan model dan limbah cair laboratorium.
7. Analisis kadar ion logam tembaga(II) menggunakan instrumen spektrofotometri serapan atom (SSA)
8. Analisis gugus fungsi adsorben *fly ash* teraktivasi NaOH menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi kondisi optimum adsorpsi ion logam tembaga(II) dengan adsorben *fly ash* teraktivasi NaOH, dan
2. Menganalisis efisiensi adsorpsi *fly ash* teraktivasi NaOH dalam menurunkan kadar ion logam tembaga(II) pada limbah cair laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dapat membantu metode pengolahan limbah cair laboratorium, khususnya dalam mengurangi kandungan ion logam tembaga(II) yang tinggi. Selain itu, penelitian ini juga memberikan solusi pemanfaatan kembali limbah *fly ash* batu bara yang dihasilkan dari produksi listrik PLTU di Indonesia. Sehingga penelitian ini dapat kontribusi dalam pengelolaan limbah cair laboratorium yang lebih efisien dan berkelanjutan.