

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abu terbang atau yang lebih dikenal sebagai *fly ash* merupakan produk samping hasil pembakaran batubara yang berkontribusi pada kenaikan limbah industri global (Koshy, Jha, Kdali, & Singh, 2015). Sekitar 80-90 % *fly ash* dan 10-20% *bottom ash* (abu dasar) dihasilkan baik dari industri – industri berbasis batubara maupun dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batubara. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup 2006, limbah *fly ash* batubara yang dihasilkan PLTU batubara mencapai 52,2 ton/hari, sedangkan limbah *bottom ash* mencapai 5,8 ton/hari. *Volume* limbah padat terutama *fly ash* diprediksi akan terus meningkat sehingga pengelolaan limbah yang tidak terencana dengan baik berpotensi membahayakan masyarakat.

Partikel *fly ash* yang berukuran sangat kecil memungkinkan terjadinya peningkatan resiko buruk terhadap kesehatan. Menurut data Air Quality Index, ukuran partikel tersebut termasuk ke dalam *particulate matter* 10 ($\leq 10 \mu\text{m}$) dan *particulate matter* 2,5 ($\leq 2,5 \mu\text{m}$) yang mana apabila masuk ke dalam saluran pernafasan dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan hingga masuknya partikulat ke dalam aliran darah mengakibatkan bioakumulasi. Umumnya, *fly ash* mengandung oksida – oksida dengan konsentrasi tertinggi sampai terendah diantaranya, $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{CaO} > \text{MgO} > \text{K}_2\text{O}$ dan unsur – unsur seperti Cr, Pb, Ni, Ba, Sr, V dan Zn yang beberapa di antaranya menjadi perhatian lingkungan. *Fly ash* dapat mencemari air tanah karena logam berat yang terkandung di dalamnya. Keberadaan logam berat di lingkungan merupakan ancaman meskipun dalam jumlah kecil (Yao et al., 2015).

Terlepas dari masalah tersebut, *fly ash* sudah diaplikasikan pada pembuatan material bangunan seperti pembuatan bata beton berlubang dan sebagai bahan aditif semen. Di Indonesia, pemanfaatan *fly ash* masih minim, sehingga lebih dari

setengah total *fly ash* yang dihasilkan akan terbang atau ditumpuk sebagai *landfill*.

(Belviso et al., 2014). Berdasarkan senyawa kimia penyusun utamanya yaitu SiO_2 , dan Al_2O_3 , *fly ash* berpotensi untuk dikonversi menjadi zeolit, material yang secara luas digunakan dalam aplikasi industri. Pemanfaatan zeolit diantaranya pada penghilangan ion dalam limbah cair dan gas, merkuri dari gas buang, sebagai filter karbon dioksida, pemisahan gas (Speybroeck et al., 2015), katalis, penukar ion, dan adsorben. (Petrov & Michalev, 2012). Adapun luasnya pemanfaatan zeolit ini didasarkan pada keunikan strukturnya. Zeolit tersusun atas kerangka $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang dihubungkan oleh atom atom oksigen disetiap sudutnya menghasilkan struktur tiga dimensi. Konfigurasi struktur ini menunjukkan zeolit memiliki sejumlah besar saluran antarmolekul dan rongga, dengan dimensi molekul yang memungkinkan transfer materi diantara ruang interkristalin (Cardoso, Horn, Ferret, Azevedo, & Pires, 2015).

Bahan baku utama yang bisa digunakan untuk memperoleh zeolit sintesis dapat berasal dari bahan kimia murni yang kaya akan silika dan alumina, mineral yang tersedia di alam, atau produk samping (limbah) industri. *Fly ash*, dapat menjadi alternatif bahan baku zeolit sintesis yang lebih ekonomis dibandingkan dengan senyawa alumina dan silika murni. Keberhasilan konversi *fly ash* menjadi zeolit dapat meningkatkan nilai ekonomi *fly ash* sekaligus mengeliminasi masalah pembuangan limbah *fly ash* batubara yang mencemari lingkungan (Babajide, 2012).

Konversi *fly ash* menjadi zeolit umumnya dilakukan menggunakan metode alkali hidrotermal, dengan mencampurkan material berbahan dasar silika alumina dengan larutan basa melalui pemanasan. Namun metode alkali hidrotermal membutuhkan waktu yang lama dan energi yang tidak sedikit sehingga para peneliti mengembangkan metode sintesis zeolit yang lebih ramah lingkungan. Sintesis zeolit yang dilakukan oleh Aono, dkk (2013) dengan metode pemanasan refluks pada suhu 100°C selama 24 jam menghasilkan zeolit tipe Na-P1 ($\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{12}\text{H}_2\text{O}$) dan digunakan sebagai adsorben (Aono et al., 2013). Metode refluks merupakan metode pemanasan konvensional yang sederhana untuk dilakukan. Shah & Jadav (2013) juga telah menghasilkan zeolit sintesis menggunakan metode refluks yang diawali dengan pretreatment gelombang

mikro. Iradiasi gelombang mikro pada tahap awal merupakan metode yang efektif untuk proses zeolitisasi *fly ash* melalui modifikasi porositas dan permukaan material *fly ash* (B. A. Shah, Shah, & Jadav, 2013). Selain gelombang mikro, gelombang ultrasonik pun memberikan pengaruh yang signifikan dalam sintesis zeolit. Metode ultrasonik menghasilkan zeolit dengan ukuran partikel lebih kecil dibandingkan dengan zeolit tanpa perlakuan ultrasonik (Kim, Choi, & Kim, 2010). Selain dari variasi metode sintesis, berbagai pendekatan modifikasi seperti aktivasi asam juga telah dilakukan terutama untuk meningkatkan kinerja zeolit sebagai adsorben (Hor et al., 2016). Aktivasi asam dilakukan untuk *leaching* pengotor yang menutupi permukaan zeolit seperti logam berat, maupun oksida – oksida yang masih terkandung di dalam zeolit. Penelitian menunjukkan bahwa logam berat memiliki *leachability* paling baik dalam kondisi asam. Asam yang telah dilaporkan penggunaannya antara lain HCl, H₂SO₄ dan HNO₃. (Panitchakarn, Laosiripojana, Viriya-Umpikul, & Pavasant, 2014).

Pada penelitian ini, telah dilakukan upaya preparasi zeolit dari limbah *fly ash* yang diaplikasikan sebagai adsorben bagi zat warna metilen biru. Upaya preparasi zeolit dilakukan dengan mengadopsi metode pemanasan konvensional refluks yang sederhana dengan *pretreatment* iradiasi gelombang mikro dan ultrasonik untuk menyempurnakan proses konversi *fly ash*. Penggabungan kedua metode *pretreatment* dengan pemanasan refluks merupakan metode yang sederhana, efektif dan belum banyak dilaporkan pada literatur terbuka sehingga eksplorasi metode ini perlu dilakukan. Selanjutnya zeolit hasil konversi diujikan sebagai adsorben larutan model metilen biru. Merujuk pada penelitian Panitchakarn, dkk (2014) kinerja adsorpsi zeolit dapat ditingkatkan melalui tahap aktivasi asam yang dilakukan pada konsentrasi HCl 20%. Oleh karena itu digunakan HCl 20% dalam proses aktivasi zeolit. Selanjutnya, dipelajari kinerja adsorpsi serta mekanisme adsorpsi zeolit hasil konversi dan zeolit hasil aktivasi. Kesesuaian data adsorpsi ditinjau menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan paparan latar belakang diatas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakter zeolit hasil konversi yang diperoleh menggunakan *pretreatment* gelombang mikro dan *pretreatment* ultrasonik diikuti gelombang mikro ?
2. Bagaimana kesesuaian data adsorpsi zeolit hasil konversi dan zeolit hasil aktivasi dengan model isoterm Langmuir dan Freundlich serta kapasitas adsorpsinya ?
3. Bagaimana mekanisme adsorpsi zeolit-metilen biru ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan konversi *fly ash* menjadi zeolit selanjutnya mempelajari karakter zeolit hasil konversi yang diperoleh menggunakan *pretreatment* gelombang mikro dan *pretreatment* ultrasonik diikuti gelombang mikro. Selain itu, penelitian dilakukan untuk menganalisis kesesuaian data adsorpsi terhadap model isoterm Langmuir dan Freundlich yang digunakan untuk mempelajari kapasitas adsorpsi zeolit hasil konversi, zeolit hasil aktivasi, dan mekanisme adsorpsinya.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat khusus dilakukannya penelitian ini diantaranya ,

1. Mengurangi masalah limbah *fly ash* hasil pembakaran batu bara yang mencemari lingkungan.
2. Meningkatkan nilai guna *fly ash*.
3. Mendapatkan material zeolit sintesis berbasis *fly ash* sebagai adsorben.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini terdiri dari lima BAB yaitu BAB I Pendahuluan, BAB II Tinjauan Pustaka, BAB III Metodologi Penelitian, BAB IV Hasil dan Pembahasan, dan BAB V Penutup.

Secara umum, BAB I Pendahuluan berisi latar belakang yang berisi pemaparan yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Latar belakang menghasilkan rumusan masalah yang dijawab di bagian tujuan. BAB II Tinjauan Pustaka berisi pemaparan mengenai teori dasar dan tinjauan literatur yang menguatkan penelitian ini. BAB III Metodologi Penelitian, berisi waktu dan tempat penelitian dilaksanakan, instrumen dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, metode penelitian dan metode analisis penelitian serta prosedur setiap langkah yang dilakukan pada penelitian ini. BAB IV Hasil dan pembahasan., berisi penjabaran dari hasil penelitian yang diperoleh. BAB V Penutup berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.