

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Bencana semburan lumpur panas Lapindo yang terjadi sejak tahun 2006 di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, merupakan salah satu bencana lingkungan terbesar di Indonesia dan hingga kini masih menimbulkan dampak bagi masyarakat serta ekosistem sekitarnya. Lumpur yang menyembur tidak hanya menenggelamkan pemukiman, lahan, dan infrastruktur, tetapi juga mengandung gas beracun yang membahayakan kesehatan (Mustopa dkk., 2019). Dibalik kerugian yang ditimbulkan lumpur Lapindo ternyata menyimpan potensi pemanfaatan karena kandungan mineralnya, terutama alumina (Al_2O_3) yang menurut Mishra dkk. (2022) mencapai sekitar 18% dari total kandungan, di samping itu senyawa lain seperti silika, besi oksida, dan kalsium oksida yang merupakan kandungan lumpur Lapindo. Pemanfaatan lumpur ini tidak hanya mengurangi limbah lingkungan, tetapi juga menghasilkan material fungsional bernilai tambah tinggi. Dengan demikian, pengolahan lumpur Lapindo menjadi material baru, khususnya material berpori yang merupakan langkah baik dari perspektif lingkungan maupun industri.

Alumina (Al_2O_3) dikenal sebagai salah satu material anorganik yang memiliki beragam aplikasi termasuk adsorben. Bentuk mesopori dari alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) sangat diminati karena memiliki luas permukaan besar, distribusi pori teratur, serta sifat keasaman yang mendukung aplikasi dalam adsorpsi dan katalisis (Domagalski dkk., 2021). Material mesopori sendiri memiliki keunggulan dibanding mikropori

atau makropori karena mampu menampung molekul berukuran relatif besar, namun tetap mempertahankan luas permukaan (Zheng dkk., 2019). Hal ini sangat sesuai untuk aplikasi pengolahan limbah, khususnya limbah cair yang mengandung zat warna sintetis dari industri tekstil. Salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri adalah metilen biru, yaitu pewarna kationik yang bersifat toksik, sulit terurai dan berpotensi mencemari lingkungan perairan (Katheresan dkk., 2018; Noor, 2020). Ukuran Panjang molekul metilen biru sekitar 1,43 nm membuatnya ideal untuk diadsorpsi oleh material mesopori dengan diameter pori 2–50 nm (Ghaedi dkk., 2019). Pengembangan alumina mesopori berbasis lumpur Lapindo sebagai adsorben metilen biru sangat baik dan praktis dalam menjawab permasalahan limbah industri.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mensintesis material mesopori seperti hidrotermal, sonikasi, hingga sol-gel. Metode sol-gel dikenal unggul karena mampu menghasilkan material dengan molekul seragam, pori terkontrol, dan dapat dilakukan pada suhu relatif rendah (Ekadenti dkk., 2023). Penelitian oleh Pawlig dkk. (2018) didapatkan bahwa metode sol-gel efektif menghasilkan $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ mesopori dengan luas permukaan tinggi, yang secara langsung meningkatkan kinerja adsorpsi. Selain metode sintesis, pemilihan templat berperan penting dalam mengarahkan pembentukan struktur pori. CTAB (*cetyltrimethylammonium bromide*) sebagai surfaktan kationik telah banyak digunakan dalam sintesis material berpori karena kemampuannya membentuk misel yang berfungsi sebagai cetakan struktur (Rangel dkk., 2020). Di sisi lain, asam stearat sebagai surfaktan anionik juga dapat membentuk agregat molekuler yang berperan sebagai pengontrol ukuran

pori (Ramli & Chandren, 2021). Penelitian Claude dkk. (2020) menunjukkan bahwa kombinasi surfaktan ganda dapat menghasilkan pori lebih teratur dan struktur mesopori lebih stabil dibanding penggunaan surfaktan tunggal. Dengan demikian, kombinasi CTAB dan asam stearat dalam sintesis alumina mesopori berpotensi menghasilkan material dengan karakteristik lebih unggul.

Meskipun telah ada penelitian mengenai pemanfaatan lumpur Lapindo sebagai sumber material berbasis alumina, sebagian besar studi masih terbatas pada proses ekstraksi atau karakterisasi dasar, dan belum banyak yang mengembangkan aplikasinya secara langsung untuk adsorben. Penggunaan kombinasi CTAB dan asam stearat dalam metode sol-gel untuk memodifikasi struktur pori Al_2O_3 mesopori dari lumpur Lapindo masih jarang digunakan. Penelitian Xia dkk. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan asam stearat dapat menghasilkan Al_2O_3 mesopori dengan kemampuan adsorpsi metilen biru hingga 98%, namun penelitian tersebut belum memanfaatkan sumber daya seperti lumpur Lapindo. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian dalam memanfaatkan lumpur Lapindo, sintesis dengan surfaktan ganda, serta aplikasi sebagai adsorben limbah.

Kebaruan penelitian ini terletak pada sintesis Al_2O_3 mesopori berbasis lumpur Lapindo menggunakan metode sol-gel dengan variasi rasio mol Al/CTAB/asam stearat. Kombinasi surfaktan ganda diharapkan dapat menghasilkan material dengan luas permukaan lebih tinggi, distribusi pori lebih kecil, serta sifat keasaman yang meningkat dibanding material hasil sintesis tanpa templat atau dengan satu templat saja. Tidak hanya pada tahap sintesis dan karakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan GSA, penelitian ini juga menguji material sebagai adsorben metilen biru,

termasuk pengukuran kapasitas adsorpsi dan kinetika adsorpsi. Hal ini penting untuk menilai efektivitas material.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis Al_2O_3 mesopori dari lumpur Lapindo dengan variasi rasio mol Al/CTAB/asam stearat menggunakan metode sol-gel serta menilai karakteristik pori, keasaman, dan kinerjanya dalam mengadsorpsi metilen biru. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam dua aspek yaitu pemanfaatan limbah lumpur Lapindo menjadi material fungsional bernilai tinggi dan adsorben ramah lingkungan yang efektif untuk pengolahan limbah cair industri sekaligus memberikan solusi praktis terhadap permasalahan lingkungan.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Menentukan karakteristik hasil sintesis Al_2O_3 mesopori dengan menggunakan metode sol gel variasi mol Al/asam stearat/CTAB
2. Menentukan kapasitas adsorpsi dan kinetika adsorpsi Al_2O_3 mesopori sebagai adsorben dalam adsorpsi zat warna metilen biru