

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Semburan lumpur panas meldana Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak 29 Mei 2006 akibat aktivitas pengeboran PT Lapindo Brantas. Bencana ini belum tertangani secara tuntas hingga saat ini dan terus menimbulkan dampak luas bagi masyarakat sekitar, mencakup kerusakan lingkungan, kehilangan tempat tinggal, serta ancaman kesehatan akibat paparan gas beracun (Intakhiya, 2021). Di balik permasalahan tersebut, lumpur Lapindo menyimpan potensi besar sebagai bahan baku anorganik. Hasil analisis menunjukkan bahwa lumpur ini mengandung senyawa oksida logam, antara lain SiO_2 sebesar 53,08%, Al_2O_3 sebesar 18,27%, Fe_2O_3 sebesar 5,6%, serta TiO_2 sebesar 0,57% (Nuryanto dkk., 2020). Kandungan Al_2O_3 yang tinggi menjadikan lumpur Lapindo sebagai sumber prekursor yang potensial untuk sintesis material alumina (Purwonugoho, 2018).

$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ adalah fase metastabil dari aluminium oksida yang memiliki struktur mesopori dengan ukuran pori berkisar antara 2 hingga 50 nm, luas permukaan spesifik yang tinggi, stabilitas termal yang baik, serta daya serap yang tinggi. Karakteristik tersebut menjadikan $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ banyak diaplikasikan sebagai adsorben dan penyangga katalis dalam bidang industri kimia, energi, dan lingkungan (Ferndanes dkk., 2021). Meskipun memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ sebagai material tunggal masih menunjukkan keterbatasan

dalam mendegradasi polutan organik secara efektif karena mekanisme yang dominan berupa adsorpsi.

Keterbatasan $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ mendorong penggunaan bahan aktif yang memiliki sifat fotokatalitik. Salah satu bahan potensial adalah tembaga oksida (CuO). CuO adalah semikonduktor tipe-p dengan *Band gap* yang relatif kecil 1,2-1,7 eV, sehingga aktif di bawah cahaya tampak (Buglio dkk., 2025). Pasangan elektron-hole terbentuk ketika CuO menyerap foton dengan energi yang cukup. Pasangan ini kemudian bereaksi dengan molekul air dan oksigen terlarut untuk membentuk spesies oksigen reaktif (ROS), yang termasuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) dan radikal superoksida ($\bullet\text{O}_2^-$). ROS memiliki kemampuan untuk menguraikan polutan organik menjadi produk yang lebih sederhana dan tidak berbahaya (Wafi dkk., 2025). Kombinasi CuO dengan $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ terbukti memperluas permukaan aktif, memperbaiki dispersi partikel CuO di atas penyangga, serta memperkuat interaksi antara fotokatalis dan molekul polutan sehingga efisiensi degradasi meningkat secara keseluruhan (Van Everbroeck dkk., 2022). Selain itu, komposit CuO/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang lebih optimal dibandingkan $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan CuO murni (Sridevi dkk., 2022). Oleh karena itu, komposit CuO/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ berpotensi besar diaplikasikan sebagai fotokatalis sinar tampak dalam mendegradasi berbagai polutan organik.

Methylene blue adalah zat warna sintesis yang banyak digunakan dalam industri tekstil, percetakan, dan kertas. Senyawa ini memiliki stabilitas tinggi serta sukar terdegradasi secara alami, sehingga berpotensi mencemari perairan dan membahayakan kesehatan makhluk hidup. Teknologi fotokatalitik yang lebih

efisien dan ramah lingkungan diperlukan karena proses pengolahan air limbah konvensional, seperti koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi, sering kali hanya mampu menghilangkan polutan tanpa menguraikan secara sempurna (Tehubijuluw dkk., 2021).

Berdasarkan kajian literatur, penelitian yang mensintesis komposit CuO/ γ -Al₂O₃ berbasis lumpur Lapindo sebagai sumber alumina, khususnya yang diaplikasikan untuk fotodegradasi *methylene blue*, masih sangat terbatas. Selain itu, penelitian yang mengkaji penggunaan metode sonikasi yang dikombinasikan dengan hidrotermal dalam sintesis komposit CuO/ γ -Al₂O₃ juga masih sangat terbatas. Sejalan dengan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisi celah sekaligus mengkaji pengaruh variasi rasio mol Cu/Al terhadap karakteristik dan aktivitas fotodegradasi material yang dihasilkan, dengan tujuan menentukan komposisi terbaik yang dapat menghasilkan material dengan aktivitas fotodegradasi optimal.

Sintesis komposit CuO/ γ -Al₂O₃ di penelitian ini menggunakan metode sonikasi yang dikombinasikan dengan proses hidrotermal. Metode sonikasi bekerja dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang menghasilkan efek kavitasi melalui pembentukan dan keruntuhan gelembung mikro dalam medium larutan. Runtuhnya gelembung tersebut menciptakan kondisi ekstrem berupa suhu dan tekanan tinggi secara lokal yang meningkatkan efisiensi reaksi kimia serta homogenitas campuran, sehingga menghasilkan material berpori lebih seragam dibandingkan metode konvensional (Gholizadeh dkk., 2024). Proses hidrotermal, di sisi lain, memberikan stabilitas lebih tinggi sekaligus memungkinkan terbentuk

struktur yang lebih teratur dengan kristalinitas yang lebih tinggi (Rahman dkk., 2020).

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini adalah mensintesis komposit CuO/ γ -Al₂O₃ dengan memanfaatkan lumpur Lapindo sebagai sumber γ -Al₂O₃ menggunakan metode sonikasi dan hidrotermal serta mengaplikasikannya untuk fotodegradasi *methylene blue*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif untuk mengatasi masalah lingkungan, mengurangi dampak negatif limbah lumpur Lapindo, serta menghasilkan teknologi pengolahan limbah cair yang efisien dan ramah lingkungan.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi komposit CuO/ γ -Al₂O₃ berbahan dasar lumpur Lapindo dengan variasi mol Cu/Al menggunakan metode sonikasi dan hidrotermal serta menentukan pengaruh variasi mol Cu/Al terhadap karakteristik material.
2. Menguji aktivitas fotodegradasi komposit CuO/ γ -Al₂O₃ dalam proses degradasi zat warna *methylene blue* di bawah sinar tampak.