

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kegiatan pengeboran sumur eksplorasi minyak dan gas milik PT Lapindo Brantas di Sidoarjo, Jawa Timur pada tahun 2006 mengalami kesalahan prosedur sehingga menimbulkan semburan lumpur panas yang kini dikenal sebagai Lumpur Lapindo (Laia dkk., 2025). Peristiwa besar tersebut menimbulkan masalah kesehatan, kerusakan lingkungan, dan dampak ekonomi yang signifikan, khususnya bagi masyarakat setempat (Anggoro dkk., 2024; Fadhlur Fajri dkk., 2024). Kondisi buruk ini ternyata membawa dampak positif dengan melimpahnya berbagai senyawa oksida logam dalam Lumpur Lapindo. Hasil penelitian Anggoro dkk. (2024) menunjukkan adanya kandungan silika oksida (SiO_2) sebesar 43,3-45%, aluminium oksida (Al_2O_3) sebesar 13-14%, kalium oksida (K_2O) sebesar 2,64-2,76%, titanium dioksida (TiO_2) sebesar 1,88-2,01%, serta beberapa oksida lain seperti CaO , MnO , P_2O_5 , Fe_2O_3 , dan lain-lain. Kandungan tersebut menunjukkan bahwa Lumpur Lapindo berpotensi tinggi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku material fungsional. Salah satu pemanfaatannya adalah penggunaan Al_2O_3 sebagai bahan baku komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ yang dapat digunakan sebagai fotokatalis.

Komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ merupakan material hibrida yang tersusun dari kuprum(II) oksida (CuO) dan aluminium oksida (Al_2O_3). Material CuO dalam bentuk nanopartikel memiliki celah pita yang sempit sebesar 1,24 eV. Struktur tersebut memicu rekombinasi cepat pasang elektron-hole (e^-/h^+) yang dapat menurunkan efisiensi degradasinya. Karakteristik berbeda umumnya ditunjukkan

γ -Al₂O₃ yang memiliki celah pita lebih lebar yaitu 3,21-6,7 eV dalam berbagai penelitian terbaru dengan skala nanostuktur (Cañas dkk., 2021; Sridevi dkk., 2022). Material ini telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi industri karena stabilitasnya yang tinggi. Pembentukan komposit dari kedua material tersebut bertujuan mengatasi kelemahan masing-masing komponen agar berfungsi sebagai fotokatalis yang efisien di bawah cahaya tampak. Interaksi antarmuka yang erat dalam komposit meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya. Peningkatan efisiensi ini memungkinkan CuO/ γ -Al₂O₃ mencapai degradasi zat warna yang optimal, khususnya pada Metilen Biru (MB) (Sridevi dkk., 2022).

MB merupakan zat warna kationik yang umum digunakan dalam industri tekstil dan kertas, serta sering menghasilkan limbah cair pewarna dalam jumlah besar. Limbah ini sering dilepaskan ke sumber air secara bebas dan menjadi polutan berbahaya. Paparan MB secara berlebihan dapat menjadi ancaman bagi kesehatan manusia yang mengakibatkan muntah, jantung berdegup kencang, dan syok. Metode konvensional dalam pengolahan limbahnya dianggap tidak efektif dan mahal, sehingga diperlukan alternatif yang efisien dan hemat biaya untuk menghilangkan pewarna tersebut (Yusmaniar dkk., 2023). Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah fotokatalisis, yakni proses penguraian dengan memanfaatkan cahaya dan katalis untuk menguraikan polutan organik.

Komposit γ -Al₂O₃/CuO telah terbukti menunjukkan efisiensi fotokatalitik tertinggi dalam mendegradasi zat warna MB dan Rhodamin B di bawah sinar tampak. Efisiensi tersebut mencapai 91% dan 78% dalam 120 menit, jauh melampaui komponen tunggalnya (Sridevi dkk., 2022). Eksplorasi lebih dalam

tetap diperlukan untuk mengoptimalkan material oksida logam dalam kinerja fotokatalitik, meskipun potensinya telah menunjukkan performa unggul dalam berbagai studi. Metode hidrotermal dipilih sebagai pendekatan sintesis dalam penelitian ini. Teknik tersebut memanfaatkan suhu dan tekanan tinggi dalam wadah tertutup (*autoklaf*) untuk menghasilkan produk dengan kemurnian dan kristalinitas yang tinggi. Prosedur ini memiliki keunggulan meliputi kebutuhan energi yang lebih rendah, waktu reaksi yang cepat, serta menghasilkan partikel berukuran sub-mikron hingga nano dengan homogenitas dan kemurnian yang tinggi (Nandihalli dkk., 2022). Penggunaan *capping agent* atau surfaktan juga terbukti dapat mengontrol morfologi material serta memperluas permukaan spesifiknya. Hasil penelitian Mkhohlakali dkk. (2024) menunjukkan bahwa penambahan surfaktan pada sintesis TiO_2 mampu meningkatkan efisiensi fotodegradasi zat warna karena terbentuknya porositas yang lebih tinggi. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan asam stearat sebagai *capping agent* dalam proses sol gel dapat mengontrol ukuran partikel dan meningkatkan kestabilan dispersi material (Eslami dkk., 2024). Kajian mengenai penerapan konsep penambahan asam stearat pada komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ masih sangat terbatas meskipun potensi sinergi antara keduanya sangat besar untuk dikembangkan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian-penelitian sebelumnya cenderung menggunakan Al_2O_3 dari bahan baku komersial murni. Kajian mengenai kombinasi variasi rasio mol, penggunaan asam stearat sebagai agen pengontrol, dan perlakuan hidrotermal dalam sintesis $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ belum tersedia secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan mengkaji pemanfaatan Al_2O_3 hasil ekstraksi Lumpur

Lapindo sebagai bahan baku utama. Metode hidrotermal dengan variasi rasio mol serta penambahan asam stearat diterapkan untuk mengoptimalkan kinerja fotokatalitik komposit. Penelitian ini diharapkan menjadi solusi inovatif untuk mengatasi dua permasalahan lingkungan sekaligus. Solusi tersebut mencakup pemanfaatan Lumpur Lapindo dan penanganan limbah cair zat warna. Teknologi pengolahan yang dihasilkan diharapkan bersifat efisien, ekonomis, serta ramah lingkungan.

I.2 Tujuan

- a. Menyintesis dan menentukan karakteristik material komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ yang dipengaruhi oleh penambahan asam stearat dan variasi rasio mol.
- b. Menentukan pengaruh variasi rasio komposisi $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ terhadap efisiensi fotodegradasi dalam mendegradasi zat warna Metilen Biru (MB)