

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Lumpur Lapindo Sidoarjo merupakan bencana di Indonesia yang disebabkan oleh aktivitas pengeboran gas alam yang dilakukan oleh PT Lapindo Brantas di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Peristiwa tersebut telah berlangsung sejak 27 Mei 2006 sampai saat ini sehingga menyebabkan warga Porong dan sekitarnya mengalami kerugian material dan nonmaterial (Setyo dkk., 2022). Akan tetapi, di samping kerugian yang ditimbulkan, lumpur Lapindo Sidoarjo berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku alternatif yang bernilai ekonomis tinggi karena kandungan mineral dan struktur morfologi lumpur Lapindo (Ciptawati dkk., 2022). Berdasarkan hasil penelitian, beberapa mineral yang terkandung dalam lumpur Lapindo Sidoarjo di antaranya adalah 18,27% Al_2O_3 , 53,08% SiO_2 , 5,6% Fe_2O_3 , dan 0,57% TiO_2 (Yudishistia dkk., 2018). Kandungan Alumina (Al_2O_3) yang cukup tinggi dalam lumpur Lapindo dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber alumina untuk berbagai aplikasi (Dwi Anggoro dkk., 2024).

Aluminium oksida atau alumina merupakan senyawa yang terbentuk dari aluminium dan oksigen dan satu-satunya senyawa oksida yang berasal dari logam aluminium (Fellinda dkk., 2024). Alumina banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar katalis karena ketahanan kimia, kekerasan, dan kekuatan mekanik yang baik. Alumina yang paling banyak digunakan dalam aplikasi katalis adalah $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ karena memiliki luas permukaan dan parameter porositas yang baik sehingga menghasilkan aktivitas permukaan yang tinggi (Paranjpe, 2017). Penggunaan

lumpur Lapindo sebagai prekursor alumina tidak hanya mengurangi dampak negatif bencana, tetapi juga dapat mendukung ekonomi dengan mengubah limbah menjadi material yang bernilai tinggi serta biaya ekonomi yang lebih rendah dibandingkan dengan prekursor lain (Demarema dkk., 2023).

Salah satu industri penyumbang limbah zat warna terbesar ke lingkungan adalah industri tekstil. Sebagian besar industri tersebut membuang limbah zat warna ke saluran air tanpa melalui proses pengolahan limbah (Fadhila dkk., 2024). Limbah yang tidak diolah memiliki efek negatif yang berdampak terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Pewarna tekstil sintetis, khususnya *methylene blue* merupakan salah satu zat warna dengan struktur aromatik yang stabil sehingga sulit terdegradasi secara alami (Fadhila dkk., 2024). Oleh sebab itu, dibutuhkan teknologi yang efektif untuk pengolahan air limbah yang mengandung *methylene blue* dengan biaya yang terjangkau dan ramah lingkungan untuk menghindari bahaya polutan tersebut (Arifin dkk., 2025).

Dalam beberapa dekade terakhir, metode pengolahan limbah konvensional yang sering digunakan adalah adsorpsi karbon, koagulasi kimia, lumpur aktif, dan filtrasi membran. Akan tetapi, metode-metode tersebut menghasilkan limbah sekunder yang membutuhkan pengolahan lebih lanjut. Sebagai metode alternatif lain, beberapa peneliti telah mengembangkan *advanced oxidation processes* (AOPs) yang memanfaatkan sifat oksidatif fotokatalis (Arifin dkk., 2025). Saat ini, fotokatalisis yang memanfaatkan material semikonduktor dianggap sebagai metode yang ramah lingkungan dan efektif untuk degradasi polutan organik seperti *methylene blue* menjadi molekul yang lebih kecil dan sederhana (Paredes dkk.,

2023). Keunggulan fotokatalis heterogen adalah dapat meningkatkan *charge carrier separation* yang efisien dalam mencegah rekombinasi cepat sehingga menghasilkan stabilitas dan aktivitas fotokatalitik yang tinggi (Sridevi dkk., 2022). Material berbasis tembaga (Cu) menjadi menarik untuk dipelajari karena cukup berlimpah di bumi, sehingga lebih efektif dan berkelanjutan untuk digunakan sebagai fotokatalis. Penelitian yang dilakukan oleh Norzaee, dkk. (2017) menunjukkan potensi degradasi polutan anilin yang mencapai 90% di bawah lampu UV-C menggunakan material CuO (Paredes dkk., 2023).

CuO merupakan salah satu material semikonduktor yang memiliki *band gap* kecil yang aktif di bawah cahaya tampak dan berpotensi digunakan sebagai fotokatalis, terutama untuk degradasi polutan organik. Akan tetapi, keterbatasan CuO seperti rekombinasi cepat pasangan elektron-*hole* dan aglomerasi partikel dapat menurunkan efisiensi fotokatalitik CuO (Baran dkk., 2021). Sementara itu, γ -Al₂O₃ memiliki luas permukaan tinggi dan stabilitas termal yang baik sehingga dapat meningkatkan dispersi partikel CuO. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh A. Sridevi dkk. (2022) menunjukkan bahwa kombinasi CuO dengan γ -Al₂O₃ dalam bentuk komposit menghasilkan sinergi yang baik dalam aktivitas fotokatalitik. Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh nilai efisiensi degradasi *metyhlene blue* oleh komposit CuO/ γ -Al₂O₃ mencapai 91%, lebih tinggi dibandingkan Al₂O₃ murni (65%) dan CuO murni (73%) menggunakan metode hidrotermal (Sridevi dkk., 2022).

Karakteristik material oksida logam seperti struktur pori, morfologi, dan luas permukaan dapat dikendalikan menggunakan *template* surfaktan seperti asam

stearat. Asam stearat merupakan asam lemak rantai panjang dengan rumus kimia $C_{18}H_{36}O_2$, berwujud padat pada suhu ruang dengan titik leleh sekitar $69-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, serta larut dalam pelarut organik nonpolar seperti etanol. Ketika asam stearat dilarutkan dalam etanol, asam stearat akan membentuk misel silindris yang berfungsi sebagai cetakan pori yang menghasilkan struktur berpori dengan luas permukaan yang lebih besar sehingga meningkatkan aksesibilitas situs aktif untuk adsorpsi dan reaksi fotokatalitik (Dou dan Ng, 2016).

Metode sintesis mengambil peran penting dalam menentukan karakteristik material komposit yang akan mempengaruhi kinerja fotokatalitik. Kombinasi metode sonikasi dan proses hidrotermal merupakan pendekatan sintesis yang menggabungkan keunggulan energi ultrasonik (20-100 kHz) dan proses hidrotermal untuk menciptakan material dengan sifat-sifat yang terkontrol dengan baik (Jadhav dkk., 2025). Sonokimia atau sonikasi menghasilkan efek kavitasi akustik yang menciptakan kondisi termal dan tekanan yang ekstrem (*hot spots*) dalam waktu singkat yang sulit dicapai dengan metode lain, sehingga membantu dispersi homogen prekursor (Główniak dkk., 2023). Sementara proses hidrotermal pada suhu dan tekanan terkontrol mampu memfasilitasi pertumbuhan kristal, pembentukan struktur pori, dan interaksi antara komponen komposit (Ndlwana dkk., 2021).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ dengan variasi rasio Cu/Al dengan *template* asam stearat menggunakan alumina yang diekstraksi dari lumpur Lapindo menggunakan metode sonikasi-hidrotermal. Komposit yang diperoleh akan diuji karakteristik dan

aktivitas fotokatalitik mendegradasi *methylene blue*. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menciptakan solusi inovatif dalam pengembangan material fotokatalis yang lebih efisien, ekonomis, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk remediasi limbah cair industri.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ dan menentukan karakteristik komposit hasil sintesis dengan variasi rasio Cu/Al menggunakan *template* asam stearat melalui metode sonikasi-hidrotermal
2. Menentukan efektivitas komposit $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ hasil sintesis dalam mendegradasi *methylene blue*