

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Aluminium oksida (Al_2O_3) merupakan salah satu material oksida logam yang banyak dimanfaatkan dalam bidang adsorpsi dan katalisis karena memiliki stabilitas termal yang baik, sifat permukaan yang aktif, serta dapat digunakan sebagai material penyangga atau *support*. Al_2O_3 memiliki beberapa fase kristal, salah satunya adalah $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Fase $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ banyak digunakan sebagai *support* katalis karena memiliki struktur berpori, luas permukaan yang relatif tinggi, dan kemampuan untuk mendispersikan fase aktif pada permukaannya (Mokaizh et al., 2025).

Salah satu sumber alternatif Al_2O_3 yang berpotensi untuk dimanfaatkan adalah lumpur Lapindo. Lumpur Lapindo merupakan material hasil bencana semburan lumpur panas di Sidoarjo yang jumlahnya melimpah dan masih menjadi permasalahan lingkungan. Meskipun demikian, lumpur Lapindo mengandung beberapa oksida logam, yaitu SiO_2 (44,10%), Fe_2O_3 (23,7%), Al_2O_3 (13%), CaO (7,02%), MoO_3 (5,35%), K_2O (2,53%), TiO_2 (1,84%), Na_2O (0,7%), Cr_2O_3 (0,08%), dan CuO (0,07%) (Utami et al., 2021). Hasil ini menunjukkan bahwa lumpur Lapindo memiliki potensi untuk diolah menjadi material fungsional bernilai tambah. Pada penelitian ini, lumpur Lapindo dimanfaatkan sebagai sumber Al_2O_3 , sehingga penelitian tidak hanya berfokus pada sintesis material, tetapi juga pada upaya pemanfaatan limbah anorganik menjadi material yang lebih bermanfaat.

Selain permasalahan lumpur Lapindo, pencemaran air akibat zat warna sintetis juga menjadi permasalahan lingkungan yang penting. Zat warna sintetis banyak digunakan dalam industri tekstil, kertas, dan pewarnaan, tetapi keberadaannya di perairan dapat mengganggu penetrasi cahaya, menurunkan kualitas air, dan berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi organisme perairan. Salah satu zat warna yang sering digunakan sebagai model polutan adalah *methylene blue* karena memiliki warna kuat, relatif stabil dalam air, dan mudah dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pencemaran perairan oleh zat warna seperti *methylene blue* (MB) menjadi permasalahan lingkungan yang kompleks karena sifatnya yang sulit terdegradasi secara alamiah. Sekitar 10-15% zat warna MB yang tidak dapat dimanfaatkan kembali terbuang bersama limbah cair industri dan selanjutnya masuk ke lingkungan perairan (Naimah et al., 2014). Meskipun cahaya matahari dapat mendekomposisi limbah ini, minimnya penetrasi sinar UV ke dalam air menyebabkan proses fotodegradasi berlangsung sangat lambat, sehingga zat warna cenderung terakumulasi dengan cepat dan menimbulkan dampak toksik yang luas bagi lingkungan sekitar (Suprihatin et al., 2022).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini, diantaranya metode adsorpsi yang menggunakan karbon aktif, koagulasi, sedimentasi, dan lumpur aktif. Namun sebagian besar metode tersebut memiliki kelemahan seperti biaya operasional tinggi, pembentukan lumpur sekunder, serta degradasi yang tidak sempurna (Zakinah et al., 2024). Oleh karena itu, metode degradasi fotokatalitik menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan karena ramah

lingkungan, hemat energi, dan mampu mengoksidasi senyawa organik menjadi senyawa anorganik yang sederhana dan tidak berbahaya (Zakinah et al., 2024).

Material semikonduktor CuO merupakan salah satu fotokatalis yang banyak diteliti karena memiliki energi celah pita (*band gap*) sekitar 1,5 - 1,8 eV, sehingga aktif di bawah cahaya tampak. Namun, kelemahan CuO adalah aktivitas fotokatalitiknya yang rendah dalam degradasi polutan pewarna. Hal ini disebabkan oleh tingkat energi di band konduksi yang lebih positif daripada potensial reduksi hidrogen, yang menyebabkan rekombinasi cepat dari pembawa muatan yang dihasilkan oleh cahaya (Dahrul et al., 2016; Nuengmatcha et al., 2019). Untuk mengatasi hal ini, CuO dapat dikombinasikan dengan Al₂O₃ yang memiliki luas permukaan tinggi, kestabilan termal dan sifat isolator yang baik, sehingga dapat memperlambat rekombinasi pasangan elektron-hole dan meningkatkan efisiensi degradasi (Ahmad et al., 2020).

Selain jenis material, metode sintesis juga sangat memengaruhi sifat morfologi dan aktivitas katalitik. Metode *microwave irradiation* menawarkan keunggulan berupa pemanasan yang cepat, seragam, efisien, sehingga meningkatkan efisiensi reaksi (Bettini et al., 2025). Metode ini terbukti lebih efisien dalam proses kimia maupun fisika karena mampu menghasilkan pemanasan yang cepat, seragam, dan selektif. Pemanasan terjadi ketika gelombang mikro berinteraksi dengan molekul dipolar sehingga molekul tersebut berotasi dan menghasilkan panas secara langsung di dalam material. Mekanisme ini menyebabkan peningkatan suhu berlangsung lebih cepat dibandingkan pemanasan konvensional, sehingga waktu sintesis dapat dipersingkat (Suryani & Candra,

2017). Penambahan asam stearat sebagai agen pengatur morfologi (*templating agent*) dapat mencegah aglomerasi dan mengontrol distribusi partikel, sehingga meningkatkan kinerja fotokatalitik (Alegría et al., 2024).

Penelitian terdahulu umumnya masih berfokus pada sintesis CuO dan γ -Al₂O₃ secara terpisah. Selain itu, penggunaan asam stearat sebagai *templating agent* dan metode *microwave irradiation* pada sintesis CuO/ γ -Al₂O₃ dari lumpur Lapindo masih jarang dilaporkan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada penentuan karakteristik komposit CuO/ γ -Al₂O₃ menggunakan metode *microwave* dengan variasi mol Cu/Al, serta efisiensi fotokatalitik dalam degradasi zat warna *methylene blue* di bawah penyinaran cahaya tampak dan laju kinetiknya. Keaslian penelitian ini terletak pada penggunaan asam stearat sebagai *templating agent*, variasi rasio mol Cu dan Al, dan penggunaan Lumpur Lapindo yang di ekstraksi untuk mengambil Al₂O₃ yang belum dilakukan pada penelitian terdahulu.

I.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis dan menentukan karakteristik komposit CuO/ γ -Al₂O₃ dengan metode *microwave* variasi mol Cu/Al.
2. Menentukan aktivitas fotodegradasi zat warna *methylene blue* dan laju kinetika komposit CuO/ γ -Al₂O₃.