

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri modern yang semakin pesat mendorong peningkatan penggunaan bahan kimia sintetis dalam berbagai sektor, seperti tekstil, kertas, plastik, farmasi, kosmetik, hingga kegiatan laboratorium. Salah satu bahan yang banyak digunakan adalah zat warna sintetis karena memiliki warna yang cerah, stabilitas tinggi, dan daya tahan yang baik dalam berbagai kondisi proses. Keunggulan tersebut menjadikan zat warna sintetis sebagai pilihan utama dalam mendukung kebutuhan produksi industri. Namun demikian, penggunaan zat warna dalam jumlah besar juga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan, terutama karena sebagian besar limbah yang dihasilkan berupa limbah cair yang belum terolah secara optimal. Kondisi ini dapat menyebabkan akumulasi zat warna di lingkungan perairan yang berpotensi memberikan dampak negatif dalam jangka panjang. Metilen biru merupakan salah satu zat warna sintetis yang banyak digunakan karena mudah larut dalam air dan mampu menghasilkan warna biru yang kuat. Penggunaan yang luas pada berbagai bidang, baik industri maupun laboratorium, berpotensi menghasilkan limbah cair yang mengandung residu zat warna (Howland, 2021).

Secara kimia, metilen biru memiliki struktur aromatik yang dilengkapi dengan gugus amino dan sulfonat, sehingga larut air dan bersifat sangat stabil. Stabilitas ini menjadi salah satu permasalahan dalam pengelolaan limbah dikarenakan senyawa tersebut tidak mudah diuraikan secara alami (Olusakin et al., 2022). Dampak dari

adanya metilen biru dalam air antara lain menghambat fotosintesis organisme di dalam air sehingga dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, dan menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem. Selain itu, senyawa ini juga bersifat toksik bagi organisme hidup, paparan pada konsentrasi tinggi dapat mengganggu metabolisme, pertumbuhan, dan fungsi fisiologis. Oleh karena itu, pengolahan limbah yang mengandung metilen biru menjadi sangat penting untuk menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan (Olusakin et al., 2022).

Berbagai metode telah digunakan untuk mendegradasi metilen biru dari air limbah. Metode fisika seperti adsorpsi, filtrasi membran, dan koagulasi-flokulasi sering digunakan karena relatif sederhana, namun umumnya hanya memindahkan zat warna dari fase cair ke padat tanpa penguraian. Penggunaan membran, meskipun mampu menyaring polutan, sering terkendala fouling dan biaya operasional tinggi. Metode kimia, seperti oksidasi, ozonasi, dan reaksi Fenton, mampu menguraikan zat warna, tetapi berisiko menghasilkan produk samping yang berbahaya bagi lingkungan. Metode biologis yang memanfaatkan mikroorganisme dapat memecah metilen biru secara alami, tetapi efektivitas sangat bergantung pada kondisi lingkungan, termasuk pH, suhu, dan konsentrasi polutan (Tsai et al., 2021).

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah fotokatalisis, karena mampu mendegradasi zat warna secara menyeluruh melalui reaksi oksidasi yang dipicu oleh cahaya. Fotokatalisis adalah proses penguraian senyawa organik menggunakan semikonduktor yang aktif ketika terkena cahaya. Cahaya yang diterima semikonduktor akan membuat elektron bergerak, sehingga memicu reaksi kimia yang menghasilkan radikal hidroksil. Radikal ini bersifat sangat reaktif dan

mampu menghancurkan struktur metilen biru menjadi senyawa lebih sederhana atau bahkan netral. Metode fotokatalisis memiliki keunggulan karena dapat menguraikan polutan secara menyeluruh, tidak meninggalkan residu berbahaya, dan dapat memanfaatkan cahaya alami sebagai sumber energi (Fito et al., 2023)

Salah satu material fotokatalis yang efektif adalah kadmium sulfida (CdS). CdS dapat aktif pada cahaya tampak karena memiliki band gap sekitar 2,4 eV, sifat ini penting karena cahaya tampak mudah diperoleh dari sumber alami, sehingga fotokatalisis dapat berjalan secara langsung tanpa memerlukan sumber cahaya buatan (Tsai et al., 2021). CdS dapat dipreparasi menggunakan berbagai metode, antara lain metode hidrotermal, solvothermal, presipitasi kimia, sol–gel, dan *Chemical Bath Deposition* (CBD). Metode hidrotermal dan solvothermal umumnya menghasilkan kristalinitas yang baik, namun memerlukan kondisi suhu dan tekanan tinggi. Metode presipitasi dan sol–gel relatif sederhana, tetapi CdS yang dihasilkan cenderung mengalami aglomerasi sehingga dapat menurunkan luas permukaan aktif. (Senasu et al., 2022). Oleh karena itu, pemilihan metode preparasi yang tepat menjadi faktor penting untuk memperoleh aktivitas fotokatalitik yang optimal.

Dalam sintesis CdS ini menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD) yaitu metode sintesis lapisan tipis yang dilakukan melalui reaksi kimia dalam larutan, ion-ion prekursor bereaksi secara terkendali dan mengendap pada permukaan substrat membentuk lapisan semikonduktor. Metode ini banyak digunakan karena prosesnya relatif sederhana, dapat dilakukan pada kondisi reaksi yang ringan, dan tidak memerlukan peralatan yang kompleks. Pada metode ini, sifat lapisan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh parameter sintesis yang digunakan.

Beberapa parameter penting meliputi suhu reaksi, waktu deposisi, dan konsentrasi prekursor dalam larutan. Variasi parameter-parameter tersebut dapat memengaruhi laju pembentukan lapisan, struktur kristal, dan morfologi permukaan material yang terbentuk, termasuk pada sintesis CdS dalam bentuk lapisan tipis (Najm et al., 2022).

Di antara berbagai parameter sintesis, suhu reaksi menjadi faktor yang sangat berpengaruh karena berperan dalam mengontrol laju reaksi kimia di dalam larutan dan proses pertumbuhan lapisan selama deposisi. Suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan pembentukan lapisan tipis yang tidak merata dan tidak kompak, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat memicu aglomerasi partikel dan meningkatkan rekombinasi elektron-*hole*, sehingga menurunkan efisiensi fotokatalisis. Oleh karena itu, kajian mengenai pengaruh variasi suhu pada sintesis CdS menggunakan metode CBD menjadi penting untuk menentukan kondisi optimum yang menghasilkan sifat optik, struktural, dan kinerja fotokatalitik yang optimal (Shaikh et al., 2023).

CdS memiliki potensi yang baik sebagai fotokatalis, namun penggunaan CdS dalam bentuk partikel atau serbuk memiliki beberapa keterbatasan. Partikel CdS cenderung mudah mengalami aglomerasi atau penggumpalan selama proses sintesis maupun aplikasi, sehingga luas permukaan aktif menjadi berkurang. Selain itu, CdS dalam bentuk serbuk sulit dipisahkan dari larutan setelah proses fotokatalisis, yang dapat mempersulit dalam menganalisis hasil degradasi. Untuk mengatasi hal tersebut, CdS dapat diimobilisasi pada substrat padat sehingga membentuk lapisan tipis. Salah satu substrat yang dapat digunakan adalah kaca silika, seperti kaca TLC.

Kaca silika bersifat inert secara kimia dan stabil. Penempelan CdS pada permukaan kaca silika dapat membantu mencegah aglomerasi partikel, menjaga distribusi CdS lebih merata, dan mempermudah pemisahan fotokatalis dari larutan setelah proses reaksi (Wang et al., 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis CdS di atas permukaan silika yang berupa *thin layer chromatography* (TLC) menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD) dengan variasi suhu deposisi, guna mengetahui pengaruhnya terhadap aktivitas fotokatalitik dalam degradasi metilen biru.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Sintesis CdS di atas permukaan kaca lapis tipis silika menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* dengan variasi suhu deposisi.
2. Melakukan karakterisasi CdS hasil sintesis dengan SEM-EDX, XRD, UV-DRS dan pengujian *photocurrent* lapis tipis CdS dan penentuan produksi $\bullet\text{OH}$ radikal dengan fluorometri.
3. Aplikasi CdS hasil sintesis untuk degradasi metilen biru secara fotokatalis.