

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Fenomena *fast-fashion* mengalami peningkatan pesat dalam mengedepankan produksi pakaian secara cepat, massal, dan berbiaya rendah dalam produksinya untuk memenuhi permintaan konsumen akan tren baru (Lee dkk., 2024). Industri tekstil berkontribusi secara signifikan terhadap degradasi lingkungan meskipun menjadi penggerak ekonomi secara global. Sektor tekstil dan pakaian diakui sebagai salah satu industri paling berpolusi dengan kontribusi 10% terhadap total emisi karbon, peringkat 5 teratas di antara industri-industri lain yang merusak ekosistem dalam hal emisi. Industri ini banyak memakai pewarna sintesis yang mengandung senyawa organik yang dirancang stabil secara kimia dan fotokatalitik. Pewarna sintesis tersebut bersifat toksik, mutagenik, berstruktur aromatik yang kompleks, dan tahan terhadap biodegradasi (Elkamel dkk., 2025). Salah satu pewarna sintesis tersebut yaitu *methyl orange* (MO) atau dimetilaminoazobenzenasulfonat. *Metyhl orange* merupakan zat warna yang bersifat anionik (zat warna asam) dan memiliki gugus azo ($-N=N-$) sebagai kromofor utamanya. Akumulasi limbah pewarna azo menimbulkan berbagai risiko ekologi juga kesehatan yang serius seperti penyakit jantung dan masalah pernapasan. Penyebaran limbah pewarna azo juga dapat mengapung di permukaan tanah atau air yang dapat membahayakan kehidupan akuatik dan membuat air tidak

layak konsumsi. Pewarna MO juga berkontribusi terhadap perubahan iklim karena dapat menciptakan gas rumah kaca seperti CO_2 dan CH_4 dengan bahan kimia atmosfer lainnya. Hal tersebut dapat menyebabkan pemanasan global (Channe dkk., 2025).

Beberapa pengolahan air limbah konvensional, seperti proses biologis, koagulasi, sedimentasi dan filtrasi membran terbukti kurang efektif dalam menghilangkan senyawa zat warna terutama yang memiliki struktur kompleks aromatik seperti MO (Lee dkk., 2024). Hal ini menyebabkan kebutuhan mendesak akan teknologi pengolahan limbah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satu solusi yang berkembang pesat adalah metode fotoelektrokatalitik (PEC), yang mampu mendegradasi senyawa organik berbahaya secara efektif, konsumsi energi rendah, dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polutan sekunder (An dkk., 2025). Beberapa penelitian telah dilaporkan menggunakan semikonduktor sebagai katalis efektif untuk menghilangkan polutan dari air limbah. Perubahan pada sifat fisik semikonduktor yang berdampak pada sifat kuantum bergantung pada ukuran partikel. Bahan tersebut juga dikenal memiliki karakteristik seperti kemampuan adsorpsi yang tinggi, aktivitas katalitik yang kuat, serta reaktivitas yang meningkat (Sulaiman dkk., 2025).

Material semikonduktor seperti *bismuth vanadate* (BiVO_4), telah banyak diteliti karena mampu digunakan dalam berbagai aplikasi seperti fotokatalisis, fotoelektrokatalisis, dan degradasi pewarna fotokatalisis. BiVO_4 memiliki sifat semikonduktor tipe-n potensial dengan celah pita sempit berkisar 2,3-2,4 eV dan

koefisien penyerapan yang tinggi. BiVO_4 juga dikenal memiliki stabilitas kimia yang baik dan mampu menghasilkan radikal aktif yang berperan penting dalam proses degradasi polutan organik, termasuk MO (Sriwichai dkk., 2024).

Kekurangan BiVO_4 yaitu berisiko mengalami rekombinasi muatan dan mobilitas pembawa muatan yang lambat. Sulitnya proses sintesis BiVO_4 juga dapat membuat cacat struktur dan mengakibatkan menurunnya aktivitas PEC. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa efisiensi fotoelektrokatalis BiVO_4 dapat ditingkatkan melalui rekayasa struktur, pembentukan *heterojunction*, atau modifikasi permukaan, sehingga mampu meningkatkan pemisahan pasangan *electron-hole* dan memperluas respon spektra terhadap cahaya tampak (Kansaard dkk., 2024).

Metode *spin-coating* menawarkan keunggulan dalam menghasilkan lapisan tipis fotoelektrokatalis yang seragam dan memiliki luas permukaan aktif yang tinggi, sehingga mendukung proses fotodegradasi yang lebih efisien. Penggunaan BiVO_4 sebagai fotoanoda dengan hasil sintesis metode *spin-coating* diharapkan dapat meningkatkan kinerja fotoelektrokatalis dalam mendegradasi limbah zat warna MO secara efektif di bawah cahaya tampak (Wu dkk., 2023).

Peningkatan efisiensi fotoelektrokatalis BiVO_4 yang dilapiskan pada substrat *Fluorine Tin Oxide* (FTO) telah dilaporkan memiliki efek yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi fotoelektrokatalisnya. Katalis yang dibuat dengan metode *spin-coating* dapat mengurai polutan air. Film yang dihasilkan secara efektif juga lebih stabil dan tahan lama dibandingkan serbuk BiVO_4 konvensional,

sehingga lebih mudah didaur ulang (Umesh Prasad, 2020; Wang dkk., 2024). Pelapisan BiVO_4 pada FTO dengan menggunakan metode *spin-coating* memberikan kontrol yang baik terhadap ketebalan dan morfologi film BiVO_4 . Hal tersebut karena lapisan-lapisan tipis yang saling terhubung dapat membuat hambatan antar permukaan menjadi kecil sehingga transfer muatan menjadi lebih lancar dan efektivitas meningkat (Kang & Hyeun Kim, 2022). Metode *spin-coating* juga dapat mempengaruhi struktur kristal, ukuran butir, dan meminimalisir cacat permukaan fotoelektrokatalis. Hal tersebut dapat meningkatkan densitas pembawa muatan, efisiensi transfer muatan, dan kinerja fotoelektrokatalis secara keseluruhan (Fahyuan, 2019). Penelitian tentang BiVO_4 telah banyak dilaporkan, namun studi tentang sifat optik dan fotoelektrokatalis BiVO_4 dengan metode *spin-coating* untuk degradasi limbah organik masih terbatas.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis BiVO_4 sebagai fotoelektrokatalis dalam degradasi zat warna MO, salah satu zat pewarna azo yang sering ditemukan dalam air limbah. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi terhadap perkembangan studi fotokatalitik yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam pengolahan air limbah.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis BiVO_4 pada kaca FTO dengan menggunakan metode *spin-coating*.
2. Mengetahui efektivitas BiVO_4 untuk aplikasi degradasi *methyl orange* di bawah sinar tampak.
3. Mengetahui karakter BiVO_4 melalui karakterisasi XRD, SEM-EDX, UV-DRS dan *Fluorescence*.