

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, pertumbuhan industri di Indonesia, khususnya industri tekstil, mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan ini tidak hanya berdampak positif terhadap perekonomian masyarakat, tetapi juga menimbulkan masalah lingkungan akibat jumlah limbah cair industri yang semakin meningkat. Limbah tersebut, yang banyak mengandung zat warna berbahaya, dapat mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan baik (Hanie dkk., 2023).

Zat warna tekstil, yang digunakan sebagai bahan celup, termasuk jenis polutan yang sulit terurai di lingkungan karena umumnya berupa senyawa aromatik seperti senyawa azo dan turunannya. Senyawa azo diketahui memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik, sehingga keberadaannya dalam lingkungan dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak kesehatan yang serius (Hanie dkk., 2023). Salah satu senyawa azo yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah metil oranye (MO). Senyawa ini memiliki rumus molekul $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ dan disintesis dari asam sulfanilat serta N,N-dimetilanilin. Selain digunakan sebagai pewarna, metil oranye juga berfungsi sebagai indikator pH dalam titrasi asam-basa karena kemampuannya berubah warna sesuai perubahan pH larutan. Namun demikian, MO bersifat toksik dan mutagenik, sehingga keberadaannya dalam perairan perlu dikendalikan untuk mencegah penurunan kadar oksigen akibat terganggunya proses fotosintesis tanaman air (Hanie dkk., 2023).

Berbagai metode telah diterapkan untuk menghilangkan metil oranye dari sistem perairan, di antaranya koagulasi, sedimentasi, lumpur aktif, dan proses oksidasi menggunakan ozon. Namun, teknik-teknik tersebut cenderung membutuhkan biaya operasional yang tinggi dan dalam beberapa kasus menghasilkan limbah sekunder. Oleh karena itu, digunakan metode yang lebih sederhana dan ekonomis, salah satunya dengan degradasi fotokatalitik (Varmaziar dkk., 2024).

Fotoelektrokatalisis (PEC) merupakan salah satu metode fotokatalitik yang menggabungkan prinsip fotokatalisis dan elektrokatalisis karena reaksi fotokimia ditingkatkan melalui penerapan potensial listrik eksternal. Dalam sistem PEC, material semikonduktor tipe-n (seperti BiVO_4 , TiO_2 , dsb.) yang menghasilkan arus anodik melalui pembawa muatan berupa elektron digunakan sebagai fotoelektrokatalis yang berfungsi sebagai elektroda (biasanya anoda) dalam sistem fotoelektrokatalisis. Material semikonduktor menyerap radiasi ultraviolet, tampak, atau inframerah untuk menghasilkan elektron dan *hole*, dan memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi atau reduksi pada permukaan elektroda dengan efisiensi lebih tinggi karena dibantu oleh tegangan eksternal. Fotoelektrokatalis ini umumnya dibuat dengan mengimobilisasi semikonduktor pada substrat konduktif seperti logam, karbon, atau film konduktif transparan seperti ITO (*indium-doped tin oxide*) dan FTO (*fluorine-doped tin oxide*). Di antara keduanya, FTO lebih banyak digunakan karena memiliki resistivitas rendah pasca-*annealing*, stabil pada suhu tinggi, biaya lebih murah, dan menunjukkan performa fotokatalitik yang lebih baik (Chen dkk., 2021; Lewerenz dkk., 2010; McMichael dkk., 2021).

Bismut vanadat (BiVO_4) adalah bahan semikonduktor tipe-n yang telah menerima banyak perhatian dalam penelitian karena rentang penyerapan cahaya yang luas, posisi tepi pita energi yang sesuai dan sifat yang tidak beracun. BiVO_4 juga dikenal sebagai salah satu material fotoelektrokatalis yang unggul karena memiliki energi celah pita (*band gap energy*) yang sempit. BiVO_4 tetragonal, dengan celah pita (2,9 eV), mampu menyerap cahaya UV, sedangkan BiVO_4 monoklinik, dengan celah pita (2,4 eV), memungkinkan untuk menyerap cahaya tampak secara efektif dan dapat menyerap radiasi matahari hingga wilayah cahaya biru sekitar 520 nm (Su dkk., 2021). Pada penelitian ini, energi celah pita berperan penting karena menentukan efisiensi fotoelektrokatalis untuk degradasi metil oranye.

Akan tetapi, salah satu kelemahan dari BiVO_4 adalah rekombinasi cepat yang terjadi antara elektron dan *hole* yang dapat menurunkan efisiensi fotokatalitik dari BiVO_4 . Oleh karena itu, banyak penelitian yang mulai menerapkan berbagai strategi seperti modifikasi morfologi, *doping*, atau penerapan metode sintesis seperti *dip coating*. Proses *dip coating* digunakan untuk melapisi lapisan tipis BiVO_4 pada *fluorine-doped tin oxide* (FTO) yang didoping fluor, dimana substrat dicelupkan secara berurutan sesuai dengan jumlah lapisan dan laju celup yang diinginkan dan memungkinkan pembentukan lapisan tipis yang homogen pada substrat, sehingga interaksi antara fotoelektrokatalis dengan polutan dapat meningkat secara efisien (Da Silva dkk., 2016).

Abeywardena dkk. (2021) menyebutkan bahwa metode *dip coating* merupakan metode sintesis yang unggul karena efektif, ekonomis, sederhana serta

ramah lingkungan karena apabila dibandingkan dengan metode sintesis konvensional lain yang menggunakan bahan kimia yang dapat meningkatkan risiko pencemaran air seperti polietilen glikol atau polivinil alkohol, metode *dip coating* tidak memerlukan bahan kimia tambahan dalam proses *dip coating* sehingga tidak berpotensi mencemari lingkungan.

Penggunaan lapis tipis BiVO_4 hasil metode *dip coating* sebagai fotoelektrokatalis untuk degradasi metil oranye masih sedikit ditemukan. Beberapa studi terdahulu yang pernah dilakukan seperti oleh Djawa dkk. (2018), telah mendegradasi zat warna azo metil orange menggunakan besi valensi nol, lalu penelitian lain oleh Hadi dan Wahab (2015) telah mendegradasi metil oranye menggunakan fotoelektrokatalis $\text{TiO}_2\text{-N}$, namun studi yang secara spesifik meneliti degradasi metil oranye menggunakan lapis tipis BiVO_4 melalui metode *dip coating* masih sangat terbatas atau bahkan belum banyak dilaporkan dalam literatur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sintesis lapis tipis BiVO_4 pada substrat FTO menggunakan metode *dip coating*, melakukan karakterisasi BiVO_4 dengan spektrofotometer UV-Vis DRS, spektrofotometer fluoresensi, XRD, dan SEM EDX, serta mengevaluasi efektivitas lapis tipis BiVO_4 dalam mendegradasi metil oranye secara fotokatalitik.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis lapis tipis BiVO_4 pada substrat FTO menggunakan metode *dip coating*.
2. Mengkarakterisasi BiVO_4 dengan UV-Vis DRS, XRD, dan SEM EDX, dan spektrofotometer fluoresensi.

3. Mengaplikasikan BiVO_4 untuk degradasi metil oranye secara fotoelektrokatalisis.