

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pewarna organik banyak digunakan dalam industri seperti kertas, tekstil, industri plastik, karet, kosmetik, percetakan, dan makanan sebagai pewarna. Selama proses pencelupan, sekitar 15% dari total produksi pewarna dibuang ke lingkungan setiap hari (Rong dkk., 2015). Keberadaan zat warna tidak hanya mengganggu dalam hal estetika lingkungan, namun juga membawa risiko bahaya terhadap kesehatan masyarakat karena pecahan senyawa zat warna tertentu dapat berpotensi karsinogenik (Chikri dkk., 2020).

Methylene blue adalah pewarna kationik yang digunakan dalam pewarna industri. Ini adalah pewarnaan yang populer untuk bahan kayu, sutra, dan kapas. *Methylene blue* merupakan salah satu pencemar organik yang bersifat *biodegradable*, karena mengandung gugus benzena yang sulit terdegradasi secara alami. Penggunaan zat warna ini dapat menimbulkan gejala muntah dan mual yang dipicu oleh tingkat *methylene blue* yang tinggi dalam sumber daya air (Eljiedi dan Kamari, 2017).

Mengingat dampak negatif keberadaan zat warna dalam limbah cair, maka perlu dilakukan suatu proses pengolahan limbah zat warna menggunakan metode yang tidak menghasilkan limbah lain, sehingga metode dekolorisasi merupakan salah satu pilihan yang baik. Metode ini memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan metode pengolahan limbah cair lain karena tidak menghasilkan limbah

sampingan berupa *sludge* dan tidak memerlukan bahan kimia tambahan yang mahal dan proses berlangsung lebih cepat (Meerbergen, 2018)

Salah satu alternatif penanganan yang sedang dikembangkan untuk mendekolorisasi limbah industri tekstil adalah proses fotoelektrokatalisis. Fotoelektrokatalisis adalah metode yang efektif yang berasal dari kombinasi fotokatalisis heterogen dan teknik elektrokimia. Metode ini melibatkan cahaya (foton), aliran listrik dan katalis secara bersama-sama yang didasarkan pada penggunaan semikonduktor yang disinari oleh energi cahaya yang sama atau lebih besar dari energi celah pitanya yang secara simultan dibiaskan oleh gradien potensial sehingga dapat mempercepat fotoreaksi (Oturán dan Aaron, 2016). Pada fotoelektrokatalisis, proses rekombinasi pasangan elektron-*hole* yang cepat dapat dihindari dengan menambahkan potensial bias eksternal ke fotokatalis (Orimolade dan Arotiba, 2020a).

Banyak semikonduktor oksida logam telah digunakan dan diselidiki untuk aplikasi fotoelektrokimia, seperti ZnO ((Hu dkk., 2021) BiVO₄, Bi₂O₃(Majumder dkk., 2021) , TiO₂, SnO₂, dan Co₃O₄ (Hu dkk., 2021). Di antaranya, beberapa memiliki celah pita optik yang lebih sempit, yang membuatnya tidak sesuai untuk konstruksi fotoelektroda dalam fotoelektrokatalisis. Namun, melalui manipulasi morfologi, pembentukan *heterojunction* atau menciptakan kekosongan dan memasukkan komponen-komponen ini ke dalam struktur komposit, dapat menjadi lebih mudah diterapkan (Orimolade dan Arotiba, 2020b). ZnO sebagai semikonduktor II-VI memiliki struktur wurtzite. Dengan demikian, kinerjanya sebagai fotokatalis dibatasi karena celah pita lebarnya (3,2 eV) dan rekombinasi

cepat dari pembawa muatan fotogenerasi. Sementara ukuran dan bentuk Zn dapat mendominasi kemampuan fotokatalitiknya (Sreedhar dkk., 2022), mengendalikan morfologinya dan meningkatkan efisiensi degradasi. Oleh karena itu, modifikasi ZnO untuk memperluas respons cahaya tampak dan menahan rekombinasi pembawa muatan telah menjadi penelitian yang telah dilakukan (Wang dkk., 2007).

Aktivitas fotokatalitik ZnO sangat dipengaruhi oleh fenomena agregasi pasangan elektron-*hole* yang diinduksi foto. Namun, respons pemanenan cahaya tampak sangat buruk dan kemungkinan fotokorosi juga sangat tinggi. Untuk mengatasi masalah ini, sistem nanojunction dari beberapa konstituen (Au, Ag, Si) atau strategi doping (Cd, Al, Cu, Ni) telah digunakan oleh banyak peneliti (Ahmad dkk., 2016b). Sifat pemanenan cahaya juga dapat disesuaikan dengan akumulasi logam pada permukaan ZnO atau penambahan pengotor ion logam atau pembuatan komposit ZnO dengan bahan semikonduktor lainnya. Dopan Ni^{2+} secara efektif menolak rekombinasi pasangan elektron-*hole* (Barick dkk., 2010). Secara rumit mempelajari pengaruh penggabungan nikel ke kinerja fotokatalitik film ZnO melalui rute sol-gel (Kaneva dkk., 2011). Ali dkk. (2016) menyiapkan nanokomposit ZnO-SnO₂ yang didoping Ni untuk aktivitas fotokatalitik melalui jalur hidrotermal. Pada penelitian terakhir, telah dilakukan sintesis kawat nano ZnO yang didoping Ni dengan konsentrasi 3% ditumbuhkan pada ZnO *seed layer* menghasilkan degradasi tertinggi sebesar 96% selama 150 menit pada zat warna *methylene blue* (Loyola dkk., 2020).

Aplikasi skala besar PEC yang menggunakan semikonduktor bubuk mempunyai kelemahan karena membutuhkan bahan fotoaktif untuk dipisahkan dari

sistem. Beberapa masalah yang timbul dari penggunaan bubuk selama proses fotokatalitik, di antaranya yaitu sulitnya pemisahan katalis yang tidak larut dari suspensi, partikel tersuspensi cenderung menggumpal terutama pada konsentrasi tinggi dan suspensi sulit diterapkan pada sistem aliran kontinu (Gholamveysi dkk., 2023). Ada beberapa keuntungan dari fotokatalis film tipis dibandingkan fotokatalis bubuk seperti relatif hemat biaya karena pengurangan penggunaan material, menghindari biaya daur ulang dan pengumpulan setelah degradasi, membawa lebih sedikit kerusakan fisik, menawarkan kinerja jangka panjang yang relatif lebih baik, dan mudah digabungkan ke dalam berbagai produk (Pedanekar dkk., 2020).

Substrat yang biasa digunakan adalah *transparent conductive substrate* (TCO), seperti *Indium Tin Oxide* (ITO), *Fluorine doped Tin Oxide* (FTO), *Al doped Zinc Oxide* (AZO), dll. Dibandingkan dengan FTO dan AZO, substrat ITO menunjukkan lebih banyak keunggulan seperti transparansi yang lebih tinggi, konduktivitas dan kekuatan pengikatan, terutama fabrikasi yang lebih mudah. Oleh karena itu dianggap sebagai bahan substrat alternatif yang baik untuk aplikasi DSSC (Li dkk., 2015).

Beberapa metode yang digunakan untuk deposisi lapis tipis ZnO seperti spray pyrolysis, teknik sol-gel, pulsed laser deposition, dan *chemical bath deposition* (CBD) (Onwuemeka dkk., 2014). Dibandingkan dengan metode CBD, semua metode lain mahal dan memerlukan peralatan vakum dan rumit. Kelebihan CBD dibandingkan metode lain adalah tidak memerlukan teknik canggih dan vakum (Navya dkk., 2020)

Pada penelitian ini dilakukan sintesis ZnO terdoping Ni yang dideposisikan pada substrat kaca ITO menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD). Selanjutnya hasil sintesis akan digunakan sebagai fotoelektroda pada aplikasi dekolorisasi zat warna *methylene blue* secara fotoelektrokatalitik. Sintesis ZnO terdoping Ni dengan konsentrasi 1,5% diaplikasikan pada fotoelektrodekolorisasi zat warna *methylene blue* dengan rentang waktu antara 30-210 menit.

I.2 Tujuan

1. Memperoleh elektroda lapis tipis Ni-ZnO/ITO menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD).
2. Menentukan karakter hasil sintesis elektroda lapis tipis Ni-ZnO/ITO menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD).
3. Mengetahui efisiensi hasil dekolorisasi *methylene blue* secara fotoelektrokatalis dengan menggunakan elektroda lapis tipis Ni-ZnO/ITO.