

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan industri secara masif melalui skala produksi secara besar-besaran sangat membantu memenuhi kebutuhan secara ekonomi. Namun, perkembangan industri ini juga bersamaan dengan peningkatan jumlah limbah lingkungan, terutama di lingkungan perairan. Salah satu jenis limbah yang sering ditemukan adalah limbah pewarna, yang mana pewarna merupakan bahan kimia penting dalam industri tekstil. Jumlah produksi zat warna sintesis mencapai nilai sekitar 800.000 ton per tahun, dengan sekitar 10-25% dari pewarna terbuang saat dalam proses pewarnaan. Sekitar 2-20% kemudian dibuang langsung ke daerah perairan, contohnya ke sungai (Illahi dkk., 2024). Limbah zat warna yang dilepas ke dalam perairan memiliki sifat toksisitas tinggi dan dapat merugikan kehidupan dalam perairan dengan menimbulkan perubahan warna pada air, mengurangi penerusan sinar matahari ke air dan mengintervensi fotosintesis (Panic & Velickovic, 2014). Limbah zat warna yang umum ditemui adalah limbah zat warna cair organik.

Salah satu zat warna yang sering digunakan adalah Kristal Violet. Kristal Violet ($C_{25}H_{30}N_3Cl$) tergolong ke dalam zat warna jenis triarilmetana (Mittal dkk., 2010). Pada industri tekstil, kristal violet banyak digunakan dalam pewarnaan nilon, kapas, dan sutra (Widiastuti dkk., 2021). Penggunaan kristal violet sebagai pewarna banyak dilakukan karena harga bahan yang murah, kelarutan yang tinggi pada air, dan afinitas yang baik terhadap serat selulosa (Samrot dkk., 2021). Kristal violet yang tergolong dalam zat warna kationik dengan karakteristik resisten dan karsinogenik dimana penggunaan secara berulang dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti iritasi mata, gagal ginjal, kebutaan, bahkan masalah pernafasan (Shoukat dkk., 2017)

Melihat berbagai dampak yang ditimbulkan oleh limbah zat warna, berbagai penelitian dilakukan untuk mencari metode yang efektif guna menyelesaikan masalah

pencemaran air akibat limbah zat warna. Dalam beberapa dekade terakhir, banyak penelitian berfokus penggunaan semikonduktor sebagai fotokatalis. Fotokatalisis sendiri merupakan proses oksidasi lanjutan yang memiliki keunggulan karena bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan sehingga dapat diaplikasikan pada polutan di limbah zat warna yang memiliki sifat yang susah terurai, kompleksitas tinggi, dan konsentrasi polutan yang tinggi sehingga dapat dinilai efektif untuk mengurai limbah zat warna organik (Guo dkk., 2017). Aktivitas fotokatalitik membutuhkan semikonduktor dan salah satu semikonduktor yang dapat menjadi alternatif adalah NiO. NiO merupakan logam transisi yang dimanfaatkan menjadi logam oksida, tergolong sebagai semikonduktor tipe p dengan struktur kisi kubik yang memiliki celah pita luas dengan nilai 3.6 sampai 4.0 eV (Fite dkk., 2025). NiO tergolong ke dalam semikonduktor tipe p akibat adanya defisiensi atom logam pada struktur kristalnya yang mengakibatkan munculnya lubang positif (h^+) sehingga muncul muatan positif sebagai muatan utama yang dibawa oleh NiO. Kombinasi antara sifat elektronik NiO dengan posisi pita valensi NiO yang positif memungkinkan munculnya radikal bebas yang berperan utama dalam proses dekolonisasi struktur kationik pada kristal violet (Lany & Zunger, 2007) (Saeed dkk., 2023). Nanopartikel NiO juga memiliki fotosensitivitas yang baik, daya tahan yang tinggi, serta absorpsi optikal yang tinggi sehingga dapat dijadikan fotokatalis yang tepat untuk mengurai zat warna dari air (Far dkk., 2022) Metode sintesis yang dapat dilakukan salah satunya adalah metode presipitasi kimia.

Metode presipitasi kimia memiliki tiga tahap penting : nukleasi, pertumbuhan, dan penggumpalan partikel. Zat presipitasi dibutuhkan pada metode ini. Salah satu zat presipitasi yang sering digunakan adalah NaOH. Pembentukan endapan nikel hidroksida didasarkan pada prinsip kelarutan. Endapan akan muncul saat terjadi interaksi antara ion Ni^{2+} dengan OH^- yang melampaui nilai K_{sp} sebesar $1,6 \times 10^{-14}$. Basa kuat memiliki peran penting untuk meningkatkan konsentrasi ion OH^- , yang secara efektif memicu pembentukan endapan yang diinginkan. (Ramesh & Kamath,

2006) (Mabowa dkk., 2024) Penggunaan NaOH sebagai zat presipitasi memiliki beberapa manfaat seperti mudah didapatkan, efektif dalam mempertahankan kondisi basa yang diperlukan untuk pembentukan hidroksida, pembentukan endapan yang diinginkan secara cepat, dan menghasilkan rendemen yang tinggi (Hall dkk., 2015). Namun, penggunaan NaOH sebagai zat pengendap memiliki kelemahan. Konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan lonjakan pH yang tidak terkontrol, sehingga dapat memicu aglomerasi partikel pada NiO yang dihasilkan (Soni dkk., 2023).

Penggunaan KOH dapat menjadi alternatif zat presipitasi yang digunakan untuk metode presipitasi. Hal ini didasarkan pada karakteristik kimia dan fisik kation pada golongan IA. Ukuran ion K^+ (1.33 Å) yang lebih besar jika dibandingkan dengan Na^+ (0.95 Å) akan menyebabkan gaya tarik elektrostatik inti terhadap gugus hidroksida yang lebih lemah sehingga KOH lebih mudah terdisosiasi sempurna. Namun, densitas ion Na^+ memiliki densitas muatan yang lebih tinggi sehingga dapat menarik mantel air lebih kuat dibandingkan dengan K^+ sehingga jari-jari terhidrasi ion K^+ akan menjadi lebih kecil (3.31 Å) jika dibandingkan dengan Na^+ (3.58 Å) (Tansel, 2012). Jari-jari terhidrasi pada ion K^+ yang lebih rendah akan memberikan mobilitas lebih tinggi untuk memfasilitasi difusi OH^- secara lebih efektif, sehingga dapat meminimalkan risiko terperangkapnya molekul air dan mengurangi munculnya cacat kristal (Collins, 2004). Penggunaan KOH berarti terdapat sediaan konsentrasi ion OH^- yang lebih tinggi, sehingga donor OH^- akan menjadi lebih banyak. Hal ini akan membantu pembentukan $Ni(OH)_2$ dengan stabilitas dan kristalinitas yang lebih baik (de Almeida dkk., 2024). Keunggulan karakteristik KOH diharapkan dapat meningkatkan keefektifan selama sintesis NiO dan meningkatkan keunggulan karakteristik NiO terutama untuk performa aktivitas fotokatalitik untuk dekolonisasi kristal violet.

Penelitian mengenai penggunaan NaOH dan KOH sebagai variasi zat presipitasi untuk metode presipitasi kimia menghasilkan semikonduktor nikel oksida belum pernah dilaksanakan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis NiO dengan metode presipitasi serta melakukan karakterisasi NiO

setelah dilakukan dua variasi pemberian Zat presipitasi, yang diharapkan dapat memperbaiki karakteristik NiO seperti meningkatkan kristalinitas dan memiliki nilai energi celah pita yang lebih rendah, yang mana karakteristik tersebut merupakan aspek penting dalam aktivitas fotokatalitik dan berpengaruh terhadap dekolonisasi kristal violet. Kondisi optimal untuk dekolonisasi fotokatalitik kristal violet dilakukan dengan adanya variasi kondisi sumber cahaya penyinaran, lama penyinaran dengan sinar UV, dosis massa fotokatalis, dan konsentrasi awal kristal violet.

I.2. Tujuan Penelitian

1. Mensintesis NiO dengan metode presipitasi.
2. Melakukan karakterisasi hasil sintesis NiO dengan FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS.
3. Menentukan kemampuan fotokatalitik NiO terhadap dekolonisasi zat warna kristal violet (CV).