

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu industri utama yang berkontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia adalah industri tekstil dan produk turunannya. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produk domestik bruto (PDB) industri tekstil dan pakaian jadi pada kuartal II/2022 adalah sebesar Rp. 35,17 triliun (BPS, 2022). Jumlah ini meningkat 13,74% dibanding periode yang sama tahun lalu yaitu sebesar Rp. 30,92 triliun (Rizaty, 2022). Industri tekstil juga memberikan dampak negatif karena sebagian limbah dibuang secara langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyatakan bahwa lebih dari separuh sungai di seluruh Provinsi di Indonesia berstatus tercemar limbah industri (Farhan dkk., 2023). Dari total 111 sungai di Indonesia, sembilan diantaranya mengalir di dua Provinsi dengan populasi besar, yaitu Jawa Barat dan Jawa Tengah. Sebanyak 9 sungai tidak tercemar, 88 sungai berstatus tercemar ringan, 9 sungai berstatus tercemar sedang, dan 5 sungai masuk dalam status tercemar berat di antaranya sungai Ancar, sungai Babak dan sungai Brang biji di Nusa Tenggara Barat, sungai Saddang di Sulawesi Selatan dan sungai Citarum di Jawa Barat (Shafina, 2023).

Timbulan limbah pewarna tekstil meningkat seiring berkembangnya industri tekstil di Indonesia. Keberadaan limbah ini berpotensi merusak lingkungan karena pewarna tekstil merupakan senyawa organik yang mudah terakumulasi dan tidak dapat terurai secara alami (Rasalingam dkk., 2014). Salah satu zat pewarna yang biasa digunakan dalam industri tekstil adalah metil orange (MO). Zat pewarna ini merupakan bahan kimia berbahaya karena beracun dan merugikan manusia dan lingkungan. Penggunaan MO yang berlebihan dapat menyebabkan penyakit kulit, mata, dan saluran pernapasan yang menyebabkan iritasi dan berpotensi bersifat karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker (Al-Tohamy dkk., 2022). Limbah MO dapat mencemari air permukaan dan tanah sehingga merusak ekosistem, kehidupan organisme, dan kualitas air.

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengatasi limbah industri tekstil, misalnya ozonasi katalitik, osmosis, dan koagulasi (Nurdiansah dkk., 2020). Metode-metode ini hanya mentransfer pencemar pewarna dari satu fase ke fase lainnya sehingga belum sepenuhnya menyelesaikan masalah. Metode yang lebih menjanjikan untuk menyelesaikan masalah ini adalah menggunakan bahan semikonduktor. Fotokatalis menyebabkan transformasi redoks yang dapat menguraikan molekul pewarna. Penggunaan semikonduktor fotosensitif seperti titanium dioksida (TiO_2), seng oksida (ZnO), kadmium sulfida (CdS), seng sulfida (ZnS) dan vanadium pentaoksida (V_2O_5) telah dilaporkan untuk mendegradasi larutan pewarna secara ramah lingkungan karena menghemat sumber daya air, energi, bahan kimia, dan bahan pembersih lainnya (Kouhail dkk., 2020).

Bahan semikonduktor yang digunakan memiliki kekurangan. TiO_2 mempunyai respon cahaya yang terbatas yang hanya efektif di bawah cahaya UV dan rekombinasi elektron-lubang yang dapat mengurangi efisiensi. CdS bersifat toksik (beracun) dan mencemari lingkungan serta kurang stabil dalam kondisi berair. ZnS mengalami fotokorosi dan menyerap cahaya pada spektrum yang terbatas. V_2O_5 bersifat toksik, membahayakan lingkungan, dan kurang stabil. ZnO banyak digunakan sebagai fotokatalis karena sifat listrik, elektronik, fotokatalitik, dan optik yang baik. Nanopartikel ZnO mempunyai beberapa keunggulan, diantaranya memiliki *bandgap* tertinggi yaitu 3,37 eV dan dengan energi ikat eksiton 60 meV. Nanopartikel ZnO merupakan oksida fungsional dengan aktivitas fotokatalitik yang sangat baik (Asmat-Campos dkk., 2021). Nanopartikel sering digunakan karena biaya yang murah dan efektivitas fotokatalitik yang tinggi. Kinerja katalitik ZnO menghasilkan foto elektron dan lubang, dengan agen pereduksi dan pengoksidasi yang berfungsi untuk pemecahan molekul organik. Shahat dkk. (2022) menyimpulkan bahwa sintesis ZnO dengan metode hidrotermal dengan ukuran kristal dari 11,25 nm menjadi 8,32 nm. ZnO yang disintesis mampu mereduksi zat pewarna limbah tekstil dan mendegradasi kadar pewarna air limbah yang mengandung MO dengan efektivitas 93%.

Berbagai teknik telah digunakan dalam preparasi Nanopartikel ZnO, misalnya presipitasi, pirolisis semprot, dan hidrotermal. Metode presipitasi tidak memungkinkan kontrol keseragaman ukuran dan kemurnian nanopartikel rendah karena mengandung kontaminan dari reagen. Metode pirolisis semprot memerlukan peralatan khusus dan biaya yang mahal serta kontrol morfologi yang terbatas. Metode dekomposisi termal memerlukan suhu tinggi dengan biaya yang tinggi dan agregasi nanopartikel yang berdampak pada berkurangnya kinerja fotokatalitik nanopartikel. Pengujian aktivitas fotokatalisis degradasi limbah tekstil antara TiO₂ dan ZnO menunjukkan bahwa mobilitas fotokatalis ZnO lebih unggul dibandingkan TiO₂. Morfologi permukaan ZnO menunjukkan bahwa partikel-partikel berbentuk bola dengan distribusi yang seragam dan permukaan ZnO memiliki kekasaran yang lebih tinggi dibandingkan TiO₂. Permukaan kasar pada ZnO dapat meningkatkan distribusi elektron yang tersebar merata pada permukaan, sehingga proses degradasi berjalan lebih cepat (Kouhail dkk., 2020).

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode hidrotermal karena dapat mengontrol ukuran dan bentuk nanopartikel melalui parameter sintesis seperti suhu, tekanan, dan waktu. Metode hidrotermal menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian dan kristalinitas yang tinggi serta ramah lingkungan. ZnO dapat digunakan sebagai senyawa yang dapat mendegradasi air limbah tekstil (Chijioke-Okere dkk., 2019). Jenis *dye* yang akan digunakan adalah MO yang paling sering digunakan dalam industri tekstil dengan sifat kimia yang stabil dan resisten terhadap mikroorganisme. Sebagai pewarna sintetis, MO juga dapat meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Nanopartikel ZnO disintesis dengan memvariasikan durasi waktu reaksi 4 jam, 8 jam, dan 12 jam pada suhu 150°C. Memvariasikan waktu reaksi memungkinkan untuk mengamati kondisi pertumbuhan kristal, ukuran partikel, dan kristalinitas. Waktu reaksi divariasikan untuk melihat kondisi optimal dalam efisiensi fotokatalis dan melihat pertumbuhan ukuran kristal. Dengan menggunakan *autoclave* untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap ukuran kristal dan efisiensi degradasi fotokatalitik air limbah tekstil yang mengandung MO. Penelitian ini juga akan menggunakan dua sumber cahaya yaitu sinar *ultra violet* (UV) dan cahaya matahari

untuk melihat efisiensi kinerja fotokatalis yang dilakukan dari dua sumber cahaya yang berbeda. Nanopartikel dengan ukuran di bawah 100 nm dalam bentuk *hexagonal wurtzite* dan efisiensi penyerapan cahaya, sehingga mampu melakukan degradasi air limbah tekstil MO dengan aktivitas fotokatalitik yang lebih efisien.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh durasi waktu reaksi terhadap ukuran nanopartikel ZnO serta efisiensi nanopartikel untuk melakukan fotokatalisis air limbah tekstil yang mengandung Metil Orange (MO). Manfaat dari penelitian ini yaitu mendegradasi air limbah tekstil MO yang ramah lingkungan dan mengurangi kandungan air yang tercemar oleh polutan berbahaya seperti MO.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini yaitu sampel air limbah tekstil menggunakan Metil Orange sebagai indikator pewarna (*dye*). Variasi waktu reaksi hidrotermal dilakukan selama 4 jam, 8 jam, dan 12 jam. Sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared Red (FTIR)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan UV-Vis Spektrofotometer. Pengujian aktivitas fotokatalis pada air limbah yang telah diberikan nanopartikel ZnO yaitu dengan menggunakan sinar UV dan cahaya matahari.

