

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri menjadi salah satu pilar utama yang sangat mempengaruhi perkembangan ekonomi di Indonesia (Prabowo dkk., 2025). Perkembangan industri yang meningkat selaras dengan jumlah limbah produksi yang dihasilkan. Penggunaan zat warna dalam proses produksi menghasilkan larutan berwarna yang mengandung bahan-bahan berbahaya. Limbah berupa larutan berwarna yang tidak melalui proses pengolahan dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan. Hal ini dikarenakan struktur kompleks aromatik pada limbah yang menyebabkan limbah sulit terurai secara alami (Rahmawanti dkk., 2024). Saat ini jenis pewarna yang sering digunakan sebagai pewarna kimiawi dalam industri yaitu pewarna azo. Pewarna azo dikenal sebagai pewarna yang sulit terurai dan stabil dalam berbagai kondisi karena keberadaan satu atau lebih gugus azo ($-N=N-$), cincin aromatik, ikatan terkonjugasi π , dan resonansi (Husseiny, 2008). Salah satu pewarna azo yang sering digunakan pada proses produksi industri tekstil yaitu *congo red*. *Congo red* merupakan pewarna azo yang memiliki ikatan azo terkonjugasi π dan resonansi yang membuat zat warna ini stabil terhadap lingkungan (Harja dkk., 2022). Melihat keadaan tersebut diperlukan upaya yang tepat untuk mengatasi dampak negatif dari limbah hasil penggunaan zat warna.

Pengolahan limbah dapat diterapkan secara kimia, biologi, maupun fisika. Beberapa metode yang sering digunakan yaitu adsorpsi, koagulasi-flokulasi, iradiasi ultrasonik, pertukaran ion, mineralisasi, dan fotokatalis (Harja dkk., 2022). Selain

itu, terdapat metode pengolahan *advanced oxidation process* (AOPs) yang memanfaatkan pembentukan agen pengoksidasi kuat seperti hidkroksil radikal ($\bullet\text{OH}$) dan ion superoksida ($\bullet\text{O}_2^-$) untuk menghilangkan warna pada larutan (Kujawska dkk., 2022). Metode ini telah diperluas ke sistem elektrokimia dengan menghasilkan spesies oksigen reaktif yang dapat dikategorikan menjadi elektrolisis, fotokatalisis, dan fotoelektrokatalisis. Metode fotoelektrokatalisis (PEC) merupakan metode yang menggabungkan metode elektrolisis dan fotokatalisis. Metode fotokatalisis dapat digunakan dalam proses dekolorisasi larutan zat warna karena dapat menguraikan molekul pewarna kompleks menjadi senyawa sederhana yang tidak berwarna melalui reaksi fotokimia. Proses dekolorisasi dapat dilakukan secara kimia dan fisika seperti adsorpsi, koagulasi-flokulasi, oksidasi lanjutan, dan metode elektrokimia. Pelaksanaan metode fotoelektrokatalisis menggunakan sistem elektrokimia yaitu elektroda katoda dan anoda (Dimawarnita dkk., 2022). Grafit dapat dimanfaatkan sebagai elektroda dalam pelaksanaan fotoelektrokatalisis karena sifat konduktivitas, stabilitas termal yang baik (Ramadhanu, 2018), dan memiliki porositas yang tinggi (Tegua dkk., 2021).

Metode fotoelektrokatalisis memanfaatkan material semikonduktor sebagai fotokatalis yang berperan menghasilkan radikal bebas melalui interaksi antara foton dari permukaan semikonduktor dengan molekul kimia yang terdapat dalam larutan (Kujawska dkk., 2022). Semikonduktor yang sering digunakan dalam metode fotoelektrokatalisis yaitu ZnO dan TiO_2 , tetapi semikonduktor ZnO memiliki efisiensi dan efektivitas sebagai fotokatalis yang lebih tinggi daripada TiO_2 (Kumar

dkk., 2014). Semikonduktor ZnO dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis karena memiliki sifat yang unik yaitu stabilitas tinggi, celah pita sebesar 3,37 eV, mobilitas elektron sebesar $300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, dan energi pengikatan eksiton sebesar 60 meV. Selain itu, semikonduktor ZnO juga memiliki luas permukaan yang tinggi, agregasi yang rendah, dan mobilitas pembawa elektron yang baik (Al-Rawashdeh dkk., 2020). Semikonduktor ZnO memiliki beberapa kekurangan yaitu kinerja yang tidak optimal di bawah sinar tampak dan proses rekombinasi elektron yang cepat (Yaqoob dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan material tambahan yang dapat meningkatkan kinerja dan efektivitas ZnO sebagai fotokatalis.

Graphene Oxide (GO) merupakan material intermediet *graphene* yang diperoleh dari grafit melalui metode *hummers* (Zaaba dkk., 2017). *Graphene oxide* (GO) mengandung gugus fungsi keton, karbonil, hidroksil, dan epoksi yang berperan dalam pembuatan ikatan kovalen dengan suatu matriks (Sadasivuni dkk., 2014). Selain itu, *graphene oxide* (GO) juga memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat meningkatkan fotoaktivitas semikonduktor melalui hibridisasi dengan material (Al-Rawashdeh dkk., 2020). Penambahan *graphene oxide* (GO) dalam semikonduktor dapat meningkatkan kinerja fotokatalitik semikonduktor karena elektron yang terfotogenerasi bergerak menuju permukaan *graphene oxide* (GO) sehingga rute transport elektron menjadi lebih pendek dan dapat mengurangi rekombinasi (Shaheen dkk., 2022)

Dalam pelaksanaan metode fotoelektrokatalisis, diperlukan elektroda yang terlapisi material secara merata sehingga pemilihan jenis dan teknik pelapisan elektroda sangat diperhatikan. Dalam proses pelapisan elektroda, teknik *dip coating*

dapat diterapkan karena sederhana dan tidak memerlukan biaya yang besar. Selain itu, dengan teknik *dip coating* morfologi dan reaktivitas padatan dapat dikendalikan (Haan dkk., 2018) serta area pelapisan dan kontrol atas komposisi ZnO dengan material tambahan dapat diatur (Toe dkk., 2021).

Sintesis *graphene oxide* (GO) dengan metode *hummers* telah dilakukan dalam penelitian terdahulu (Zaaba dkk., 2017). *Graphene oxide* mengandung beberapa gugus fungsi seperti karbonil, hidroksil, dan epoksi (Durmus dkk., 2019). Menurut Horlu dkk. (2024), sintesis nanokomposit GO-ZnO dapat dilakukan menggunakan metode sol-gel. Selain itu, penelitian terdahulu menjelaskan fotokatalis GO-ZnO dapat menguraikan zat warna *methylene blue* dengan persentase sebesar 97,6% di bawah sinar UV dan 84% di bawah sinar tampak (Al-Rawashdeh dkk., 2020).

Penelitian ini dilakukan dengan sintesis ZnO sebagai material utama anoda yang ditambahkan *graphene oxide* (GO) melalui metode sol-gel. Penambahan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan karakteristik material sebelum dan setelah penambahan. Selain itu, penambahan *graphene oxide* (GO) bertujuan untuk meningkatkan efektivitas ZnO saat proses dekolourisasi larutan *congo red* di bawah lampu UV dan lampu *visible* secara fotoelektrokatalisis. Elektroda berupa anoda hasil sintesis diberikan penamaan yang berbeda-beda sesuai dengan perlakuannya yaitu Grafit/ZnO, Grafit/GO(100)-ZnO, dan Grafit/GO(150)-ZnO. Penamaan anoda dengan Grafit/ZnO menjelaskan bahwa material ZnO tanpa penambahan *graphene oxide* (GO) dilapisi ke substrat grafit, penamaan anoda dengan Grafit/GO(100)-ZnO dan Grafit/GO(150)-ZnO menjelaskan bahwa material ZnO

dengan penambahan 100 dan 150 mg *graphene oxide* (GO) dilapisi ke substrat grafit. Keterbaruan penelitian terletak pada penggunaan grafit sebagai media pelapisan sintesis GO-ZnO dan aplikasi sebagai anoda pada pengujian dekolonisasi larutan *congo red* secara fotoelektrokatalisis.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yaitu sebagai berikut

1. Memperoleh *graphene oxide* (GO) melalui metode *hummer* dan menentukan karakteristik material menggunakan FTIR dan XRD
2. Memperoleh elektroda lapis tipis ZnO-GO pada substrat grafit dan menentukan karakteristik material menggunakan XRD, SEM-EDX, dan UV-Vis DRS
3. Menentukan efektivitas elektroda lapis tipis Grafit/ZnO-GO dalam dekolonisasi larutan *congo red* menggunakan fotoelektrokatalisis