# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil telah meningkatkan penggunaan zat warna. Sebagian besar bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan zat warna sintetis bersifat toksik dan dapat memicu kanker. Limbah yang mengandung pewarna sintetis sulit diolah karena senyawa organik yang tidak mudah terurai dan stabil terhadap pengolahan aerob. Ini menjadikan pewarna sintetis sebagai masalah lingkungan yang signifikan, sehingga sangat penting untuk menghilangkan kontaminan organik dari limbah sebelum dibuang untuk mencegah pencemaran lingkungan (Raganata dkk.,2019).

*Congo red* merupakan salah satu pewarna sintetis jenis azo yang banyak digunakan dan tersusun dari senyawa amina aromatik. Keberadaan *congo red* di perairan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem karena sifatnya yang beracun, serta berpotensi menyebabkan mutasi genetik dan kanker. Selain itu, paparan *congo red* dalam perairan bisa mengakibatkan masalah kulit, seperti iritasi dan dermatis (Thakur et at.,2021). Pewarna ini tidak termasuk dalam daftar pewarna makanan yang diizinkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia NOMOR 239/Menkes/Per/V/1985 tentang Zat Warna Tertentu yang Dinyatakan sebagai Bahan Berbahaya, terdapat sejumlah zat pewarna sintetis yang dilarang digunakan dalam pangan karena bersifat toksik dan karsinogenik, meskipun *congo red* tidak disebut secara langsung. Namun, karena tidak tercantum dalam daftar pewarna yang diizinkan oleh BPOM, penggunaan dalam produk pangan tetap dilarang. Hal ini juga sejalan dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang pangan, yang menegaskan bahwa bahan tambahan pangan yang digunakan harus aman, bermanfaat, dan tercantum dalam peraturan resmi. Dengan demikian, penggunaan *congo red* dalam makanan merupakan pelanggaran terhadap regulasi keamanan pangan di Indonesia.

Cara penanganan limbah zat warna *congo red* dapat dilakukan melalui metode klorinasi dan biodegradasi. Namun, metode tersebut membutuhkaan biaya operasional yang cukup mahal. Selain itu, metode ini menghasilkan produk samping yang memerlukan penanganan lebih lanjut, membutuhkan waktu yang lama untuk mendegradasi, dan menghasilkan bau yang menyengat (Sivakumar dkk.,2022).

Fotoelektrokatalisis merupakan salah satu metode yang relatif ekonomis dan mudah diaplikasikan (Yusuf dkk.,2022). Fotoelektrokatalisis memanfaatkan energi cahaya untuk

mengaktifkan proses katalisis dipermukaan bahan semikonduktor, menghasilkan radikal hidroksil yang efektif untuk polutan organik dan zat warna. Radikal hidroksil yang sangat reaktif ini meningkatkan efisiensi fotoelektrodegradasi. Penggunaan fotokatalisis melibatkan oksidasi logam semikonduktor. Seperti $TiO_2$, ZnO, CuO, CdO,$Fe_2O_3$ dan sebagainya. Penggunaan fotoelektrokatalisis terbukti meningkatkan laju degradasi. Bahan semikonduktor ini, ketika terpapar cahaya pada panjang gelombang tertentu bertindak sebagai oksidator. Mampu mengubah polutan organik menjadi senyawa yang sederhana dan tidak berbahaya (Riskiani dkk.,2019).

Senyawa organik yang dapat didegradasi melalui proses fotokatalitik antara lain metil violet dan metil blue. Salah satu fotokatalisis yang saat ini berkembang digunakan untuk degradasi senyawa organik adalah seng oksida (ZnO). ZnO memiliki harga yang relatif murah, mudah untuk didapatkan serta proses sintesisnya tergolong sederhana. Seng oksida (ZnO) memiliki energi celah pita sebesar 3,37 eV (Amin dkk.,2022), aktivasi zat ini hanya terjadi apabila terdapat paparan cahaya dari lampu ultraviolet (UV).

Penggunaan sinar UV memerlukan konsumsi energi yang cukup tinggi, sehingga berdampak pada peningkatan biaya operasional sistem fotoelektrodegradasi. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan teknik doping guna menurunkan energi celah pita (band gap) ZnO sehingga spektrum serapannya dapat bergeser dari daerah ultraviolet ke daerah tampak (visible). Salah satu unsur yang dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik ZnO adalah logam tembaga (Cu), yang diberikan melalui proses doping. Penambahan logam Cu diketahui dapat meningkatkan efisiensi proses fotoelektrodegradasi sekaligus memperbaiki konduktivitas material semikonduktor. Namun, Peningkatan konduktivitas ini tidak selalu diikuti oleh peningkatan celah pita (band gap) dalam beberapa kasus, doping Cu justru dapat menurunkan band gap, sehingga memperluas spektrum serapan cahaya ke daerah tampak (visibel). Tembaga yang dilambangkan dengan Cu merupakan logam transisi dari golongan IB periode 4. Tembaga memiliki nomor atom 29. Struktur kristal dari unsur ini berbentuk kubus berpusat muka *face-centered cubic* (FCC). Kristal ini memiliki jari-jari van der Waals sebesar 140 pm dan energi celah pita sekitar 2,0 eV (Murali et al., 2015). Beberapa metode yang umum digunakan untuk mensintesis lapis tipis seng oksida (ZnO) terdoping tembaga (Cu) antara lain metode *spin coating*, *ultrasonic spray*, *chemical bath deposition*, dan sol-gel (Bokov dkk., 2021).

Salah satu pendekatan yang terjangkau dan praktis adalah metode sol-gel. Metode ini memiliki keunggulan dalam hal penggunaan suhu rendah selama proses sintesis, sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan pada skala laboratorium (Bokov dkk.,2018). Dibandingkan

dengan metode konversional, metode sol-gel menawarkan sejumlah kelebihan, seperti tingkat homogenitas yang tinggi, kemurnian produk yang baik, suhu proses yang relatif rendah, minimnya kehilangan bahan akibat penguapan, serta tidak adanya reaksi dengan senyawa sisa. Selain itu, metode ini juga mengurangi pencemaran udara dan mampu menghasilkan produk dalam bentuk film tipis.

Kombinasi antara seng oksida (ZnO) dan logam (Cu) melalui metode sol-gel membuka peluang untuk mengembangkan material fotoelektrodegradasi dengan efisien tinggi dan solusi pemulihan material yang lebih efektif (Dlugosz et al., 2020). Berdasarkan penjabaran diatas, *riset* ini akan difokuskan pada sintesis elektroda lapis tipis seng oksida (ZnO) terdoping tembaga (Cu) menggunakan metode sol-gel. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat-sifat struktur kristal, morfologi permukaan, dan celah pita energi dari elektroda lapis tipis yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas doping Cu dalam meningkatkan kinerja ZnO lapis tipis sebagai elektroda anoda pada proses fotoelektrodegradasi zat warna *congo red*.

Deposisi lapis tipis ZnO telah banyak dilakukan pada berbagai jenis substrat, seperti plat kaca, kuarsa, silikon, kaca berlapis *flourin –doped tin oxide* (FTO), dan kaca berlapis *indium tin oxide* (ITO) (puthiyottil dkk., 2023). Kaca yang dilapisi *indium tin oxide* (ITO) merupakan semikonduktor tipe-n yang memiliki konduktivitas listrik tinggi pada suhu ruang serta transparansi optik yang baik (Farid dkk., 2021). Karena sifat-sifat tersebut, kaca berlapis ITO banyak dimanfaatkan sebagai substrat dalam sintesis lapisan tipis seng oksida (ZnO), termasuk sebagai media pertumbuhan untuk ZnO yang didoping dengan tembaga.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil berikut.

1. Memperoleh hasil sintesis semikonduktor ZnO/ITO dan CuO-ZnO/ITO dengan metode sol-gel *dip coating* dan karakterisasinya.
2. Menentukan kinerja semikonduktor ZnO/ITO dan CuO-ZnO/ITO dan aplikasinya untuk degradasi *congo red* dengan metoda fotoelektrodegradasi.