

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pewarna organik banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti tekstil, cat, percetakan, farmasi, karet, kosmetik, dan makanan (Wang dkk., 2021). Berbagai industri tersebut menjadi salah satu sumber utama pencemaran air, tanah, dan udara akibat penggunaan pewarna sintetis dalam proses produksinya. Dalam industri tekstil, lebih dari 10.000 ton pewarna digunakan secara global setiap tahun, dengan 20% di antaranya terbuang sebagai limbah perairan yang mencemari lingkungan. Beberapa jenis pewarna sintetis, seperti pewarna azo, remazol oranye, rhodamin, dan metilen biru, sulit terurai di perairan dan bersifat karsinogenik bagi manusia (Clastin dkk., 2023).

Metilen biru ($C_{16}H_{18}N_3SCl$) merupakan pewarna sintetis yang banyak digunakan dalam berbagai industri seperti kertas, tekstil (wol, sutra, dan katun), makanan, kosmetik, farmasi, dan obat-obatan (Oladoye dkk., 2022). Efek samping metilen biru meliputi iritasi kulit dan saluran pencernaan, serta gejala seperti mual, muntah, diare, sakit kepala, dan peningkatan tekanan darah. Pembuangan limbah berwarna tanpa pengolahan yang memadai dapat meningkatkan toksisitas lingkungan (Hamad dan Idrus, 2022), sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mendegradasinya.

Berbagai metode fisika, kimia, dan biologis telah digunakan untuk menghilangkan zat warna dari air dengan efektivitas, biaya, dan dampak lingkungan yang berbeda. Beberapa metode penghilangan zat warna yang efektif adalah

adsorpsi, oksidasi, ozonasi Fenton, dan fotodegradasi katalitik (Abu-Dalo dkk., 2021). Pemisahan adsorpsi menggunakan membran adalah teknik yang cukup efisien untuk mengolah limbah zat warna karena pengoperasian yang mudah, efisiensi tinggi, dan konsumsi energi rendah (Abu-Dalo dkk., 2021), namun metode ini hanya memindahkan zat warna dari perairan ke adsorben tanpa mendegradasi. Metode yang bisa dikombinasikan dengan adsorben adalah fotokatalisator sehingga mampu mengurangi secara efektif melalui degradasi polutan organik melalui adsorpsi-fotokatalisis (Wang dkk., 2021). Fotodegradasi katalitik berpotensi menjadi metode yang murah, ramah lingkungan, efektif, dan mudah diaplikasikan melalui penyinaran sinar UV yang menghasilkan spesies reaktif (Clastin dkk., 2023). Proses fotodegradasi juga bersifat tidak beracun, berbobot molekul rendah, dan dapat memecah molekul kompleks menjadi fragmen sederhana senyawa anorganik seperti CO_2 dan H_2O (Khan dkk., 2022).

Bahan alami yang sering dimanfaatkan sebagai adsorben adalah kitosan. Polimer ini berasal dari deasetilasi basa kitin dan memiliki sifat biokompatibel, dapat terdegradasi secara hayati, bersifat antimikroba, dan tidak beracun (Mostafa dkk., 2020). Kitosan dapat dibentuk menjadi berbagai produk, seperti serpihan, bubuk halus, manik-manik, gel, spons, serat, dan membran (Vedula dan Yadav, 2021). Kitosan memiliki daya serap tinggi dan ketersediaan melimpah, namun aplikasi kitosan masih terkendala oleh sifatnya yang tidak selektif, kekuatan mekanik rendah, dan kelarutannya yang terbatas dalam lingkungan asam (Bhatt dkk., 2023). Oleh karena itu,

dalam penelitian ini ditambahkan agen penaut silang untuk meningkatkan kinerja kitosan.

Pemilihan agen penaut silang yang biokompatibel sangat penting untuk mendukung keberlanjutan dan penggunaan bahan ramah lingkungan. Vanilin dipilih sebagai agen penaut silang karena berasal dari bahan alami, tidak beracun, serta memiliki sifat antibakteri dan antioksidan (Eghbali dkk., 2023). Kitosan yang ditautsilangkan dengan vanilin hanya berfungsi sebagai adsorben, sehingga perlu digabungkan dengan agen fotokatalisator. Oleh karena itu, kitosan termodifikasi vanilin akan dipadukan dengan seng oksida (ZnO) yang didoping Ag untuk kinerja fotodegradasinya.

Proses fotokatalisis memerlukan fotokatalis yang umumnya berupa bahan semikonduktor (Fatimah dan Wijaya, 2005). Seng oksida (ZnO) merupakan salah satu semikonduktor dengan lebar celah pita sebesar 3,37 eV (Zaharia dkk., 2016), dan memiliki energi pengikatan eksiton yang tinggi sebesar 60 meV (Ghafry dkk., 2023). Selain itu, ZnO banyak digunakan sebagai fotokatalis karena sifat fisik dan kimia, seperti tidak beracun, memiliki stabilitas kimia tinggi, daya serap yang luas, fotostabilitas tinggi, dan biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan oksida logam lainnya (Alzahrani, 2018).

Aktivitas katalitik ZnO masih mempunyai keterbatasan, karena mempunyai celah pita cukup besar yaitu 3,37 eV yang akan aktif jika dibawah sinar UV. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menurunkan celah pita energi ZnO adalah dengan di-doping atom sehingga memperluas spektrum serapan foton ke rentang

tampak (Shaikh dkk., 2023). Perak (Ag) menjadi dopan ZnO karena selain bersifat antimikroba (Ali dkk., 2022), juga dapat meningkatkan luas permukaan dan porositas, serta mengurangi rekombinasi elektron-lubang pada saat fotokatalisis (Yelpale dkk., 2025). Menurut Guo dkk., (2022), Atom Ag dapat menggantikan atom Zn dalam kisi atau menempati posisi interstisial dan mampu menurunkan celah pita energi menjadi 2,4 eV, sehingga meningkatkan sensitivitas material terhadap cahaya tampak. Penelitian ini bertujuan untuk membuat membran kitosan yang ditautsilangkan dengan vanilin dan dikombinasikan dengan nanokomposit seng oksida (ZnO) yang didoping perak (Ag). Hasil sintesis membran diaplikasikan dalam proses adsorpsi-fotokatalisis untuk menguraikan zat warna metilen biru.

I.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini memiliki tujuan untuk:

1. Mensintesis nanokomposit ZnO-Ag
2. Mensintesis membran kitosan/vanilin/ZnO-Ag
3. Menentukan efektivitas degradasi larutan metilen biru oleh membran kitosan/vanilin/ZnO-Ag