

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil banyak menghasilkan air limbah berwarna pekat yang di dalamnya terdapat banyak polutan dan bersifat toksik. Setiap tahun lebih dari 10.000 ton pewarna digunakan oleh industri tekstil (Al-Tohamy *et al.*, 2022). Limbah cair dari industri tekstil adalah air buangan yang dihasilkan dari proses pewarnaan, dimana pewarna yang digunakan berasal dari zat organik *nonbiodegradable*. Pewarna digunakan untuk memberikan warna pada industri tekstil, kain, kulit, cat dan sektor lainnya. Pewarna adalah salah satu bagian polutan yang menjadi masalah utama, karena zat warna tidak dapat terurai secara hayati dan mudah dikenali mata (Garg & Chopra, 2021).

Pewarna tekstil merupakan suatu senyawa kimia sintetis yang mempunyai struktur aromatik dan sulit terdegradasi. Pewarna memberikan dampak buruk bagi flora dan fauna dalam air dan dapat menghambat proses fotosintesis dalam sistem perairan (Samchetshabam *et al.*, 2017). Pewarna sintesis pada limbah cair dapat membahayakan manusia dan juga lingkungan, karena zat warna bersifat sangat beracun bahkan pada tingkat konsentrasi yang rendah (Hevira *et al.*, 2020). Bahan pewarna pada limbah tekstil banyak mengandung zat pewarna reaktif salah satunya *indigo carmine* yang berbahaya jika dibuang ke badan air sehingga perlu pengolahan terlebih dahulu. Kandungan zat warna ini menyebabkan nilai COD pada badan air menjadi sangat besar. Besarnya nilai COD menyebabkan terganggunya ekosistem dalam badan air (Purwaningsih *et al.*, 2021).

Permasalahan mengenai pengolahan limbah dapat berdampak pada pencemaran lingkungan. Sebagian masyarakat terutama masyarakat menengah ke bawah menggunakan air secara langsung dari badan air yang diperkirakan sudah tercemar zat pewarna. Bahan pencemar tersebut dapat meracuni dan mengganggu kesehatan manusia. Bahaya tingkat keracunan yang diakibatkan oleh limbah pewarna

sangat tergantung pada karakteristik limbah tersebut. Sehingga diperlukan langkah untuk mengolah air limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan (Andarwati *et al.*, 2022).

Zat warna *indigo carmine* (IC) merupakan pewarna biru tua yang sering digunakan industri tekstil pada proses pencelupan serat polyester dan denim (*blue jeans*). *Indigo carmine* dikategorikan sebagai zat warna yang sangat beracun. Pewarna ini dapat memicu iritasi pada kulit, mata, kerusakan permanen pada kornea, serta iritasi gastro-intestinal dengan mual, muntah, dan diare (Kesraoui *et al.*, 2017). Beberapa metode yang telah digunakan untuk menghilangkan zat warna *indigo carmine* dari air limbah antara lain : degradasi (Ahlawat *et al.*, 2022), oksidasi kimia (M *et al.*, 2017), degradasi oleh photo-fenton (Ramos *et al.*, 2020), dan elektrokoagulasi (Donneys-Victoria *et al.*, 2019). Akan tetapi, metode tersebut membutuhkan biaya yang mahal, pengoperasian yang sulit dan membutuhkan waktu yang lama. Metode biosorpsi merupakan salah satu metode yang mampu untuk menghilangkan polutan zat warna. Metode ini merupakan metode yang sederhana, efektif, dan bernilai ekonomis. Material yang digunakan secara umum dapat berasal dari berbagai macam limbah, seperti limbah pertanian dan perkebunan (*biowaste*) yang telah banyak diteliti dan terbukti memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, dapat didaur ulang, mudah diperoleh dan tidak menghasilkan limbah baru (Zein *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian terkait biosorpsi yang telah dilakukan dengan menggunakan biosorben untuk menyerap zat warna diantaranya : biji rambutan (Zein *et al.*, 2015), biji tarap (Lim *et al.*, 2017), cangkang pensi (Zein *et al.*, 2019), kulit kacang (Fernandez & Murguía, 2020), sekam padi (Zein *et al.*, 2020), kulit udang (Ramadhani *et al.*, 2020), kulit telur ayam (Hevira, *et al.*, 2020), cangkang ketapang (Hevira *et al.*, 2020), kulit jeruk (Alwarded *et al.*, 2021), biji leci (Goyal *et al.*, 2021), eceng gondok (Lima & Asencios, 2021), biji buah kurma (Amar *et al.*, 2022), kitosan (Ramadhani *et al.*, 2022), ampas serai wangi (Zein *et al.*, 2022), kulit kacang (Kuate *et al.*, 2022), kulit telur ayam (Zhai *et al.*, 2022).

Beragam upaya dilakukan untuk mendukung dan meningkatkan nilai limbah padat pertanian. Salah satunya menggunakan limbah padat pertanian sebagai biosorben, sehingga dapat menjadi upaya untuk menanggulangi

pencemaran lingkungan akibat dari limbah padatan tersebut (Zein *et al.*, 2020). Penelitian sebelumnya telah membuktikan kemampuan *biowaste* sebagai biosorben zat warna IC seperti cangkang ketapang (*Terminalia cetappa shell*) mempunyai kapasitas penyerapan IC sebesar 26,77 mg/g (Hevira *et al.*, 2020). Tumbuhan kiambang (*Pistia stratiotes*) mempunyai kapasitas penyerapan IC sebesar 41,2 mg/g (Ferreira *et al.*, 2019). Tumbuhan selasih mekkah (*Ocimum gratissimum*) mempunyai kapasitas penyerapan IC sebesar 77,52 mg/g (Dada *et al.*, 2020). Biji bunga *Moringa olifera* mempunyai kapasitas penyerapan IC sebesar 60,24 mg/g (El-Kammah *et al.*, 2022).

Biosorben yang digunakan pada penelitian – penelitian tersebut di atas, merupakan jenis tanaman yang tidak terlalu banyak ketersediaannya. Di Indonesia terdapat berbagai macam limbah hasil pertanian yang melimpah, yang berpotensi sebagai biosorben untuk penyerapan zat warna. Salah satunya adalah tanaman pisang, yang jumlah produksinya mencapai 9 juta ton pertahun (BPS, 2022). Tanaman pisang mengandung sekitar 60% limbah batang pisang yang berpotensi dijadikan sebagai biosorben. Limbah batang pisang mengandung senyawa yaitu selulosa (43,3%), hemiselulosa (20,6%), dan lignin (27,8%) (Misran *et al.*, 2022). Pada senyawa ini terdapat gugus fungsi seperti hidroksil, karbonil, dan gugus fungsi lainnya yang berperan sebagai sisi aktif dalam proses penyerapan polutan. Silva *et al* (2021) menggunakan batang pisang sebagai karbon aktif untuk menyerap zat warna *methylene blue*. Karbon aktif yang dihasilkan dari batang pisang membutuhkan *pretreatment* awal dan waktu yang lama.

Pada penelitian ini, akan dilakukan biosorpsi zat warna *indigo carmine* menggunakan batang pisang sebelum dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi menggunakan putih telur puyuh. Modifikasi dilakukan untuk meningkatkan jumlah sisi aktif berupa gugus fungsi untuk meningkatkan kapasitas penyerapan zat warna *Indigo carmine* dengan penambahan *modifier*. Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan *modifier* diantaranya : *Bovine serum albumin* sebagai *modifier* silika sekam untuk menyerap zat warna *metanil yellow* (Zein *et al.*, 2020), *Polyethyleneimine* sebagai *modifier* kulit udang untuk menyerap zat warna *metanil yellow* (Zein *et al.*, 2022), putih telur ayam ras sebagai *modifier* cangkang ketapang untuk menyerap zat warna *indigo carmine*. Kapasitas penyerapan meningkat dari

26,77 mg/g menjadi 106,98 mg/g yang menunjukkan bahwa penambahan *modifier* mampu meningkatkan kapasitas penyerapan zat warna *indigo carmine* (Zein *et al.*, 2022).

Putih telur burung puyuh mengandung protein 98,75 g dan lemak 0,15 g dalam 100 g putih telur burung puyuh. Kandungan protein dan lemak putih telur burung puyuh lebih tinggi dibandingkan putih telur ayam dalam jumlah yang sama. Putih telur burung puyuh mengandung beberapa jenis asam amino yang jumlahnya lebih banyak dibanding ayam, sehingga menambah gugus fungsi pada permukaan biosorben (Kudre *et al.*, 2018). Adanya penambahan sisi aktif berupa gugus amina dari protein putih telur burung puyuh sebagai *modifier* batang pisang diharapkan dapat meningkatkan kapasitas penyerapan zat warna *indigo carmine*. Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan proses adsorpsi zat warna *indigo carmine* dengan menggunakan batang pisang dan batang pisang yang dimodifikasi dengan putih telur burung puyuh sebagai biosorben untuk menyerap zat warna *indigo carmine*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

1. Bagaimana kemampuan daya serap biosorben batang pisang sebelum dan sesudah dimodifikasi dengan putih telur puyuh sebagai biosorben untuk menyerap zat warna *indigo carmine* terhadap kondisi optimum dari variasi pH_{pzc} , pH, konsentrasi, waktu kontak, dan suhu pemanasan biosorben ?
2. Apakah model isoterm, kinetika, dan termodinamika adsorpsi dapat menjelaskan mekanisme penyerapan biosorben terhadap zat warna *indigo carmine*?
3. Bagaimana stabilitas termal biosorben sebelum adsorpsi serta karakteristik biosorben seperti gugus fungsi, morfologi permukaan dan komposisi kimia sebelum dan sesudah adsorpsi?
4. Bagaimanakah *reusability* dari biosorben dan bagaimana pengaruh kondisi optimum untuk aplikasi penyerapan zat warna *indigo carmine* pada limbah cair industri tekstil X wilayah Pekalongan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kemampuan daya serap biosorben batang pisang sebelum dan sesudah dimodifikasi dengan putih telur puyuh untuk menyerap zat warna *indigo carmine* terhadap kondisi optimum dari variasi pengaruh pH, konsentrasi, waktu kontak, dan suhu pemanasan biosorben.
2. Mempelajari model kinetika reaksi dari data waktu kontak, menganalisis model isoterm dari data konsentrasi awal zat warna, dan analisis termodinamika dari parameter ΔG , ΔH , dan ΔS pada saat penyerapan zat warna *indigo carmine* menggunakan biosorben.
3. Menganalisis studi stabilitas termal biosorben menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA), menganalisis gugus fungsi yang terlibat selama proses adsorpsi menggunakan *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* (FTIR), menganalisis komposisi kimia biosorben sebelum dan sesudah penyerapan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), menganalisis morfologi permukaan biosorben menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) sebelum dan sesudah adsorpsi.
4. Mempelajari *reusability* biosorben dari data studi adsorpsi – desorpsi dan mengaplikasikan kondisi optimum berpengaruh terhadap penyerapan zat warna *indigo carmine* pada limbah cair industri tekstil.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini mengenai penyerapan zat warna *indigo carmine* oleh biosorben batang pisang sebelum dan sesudah modifikasi dengan putih telur puyuh diharapkan dapat memberi manfaat terhadap penyerapan limbah zat warna anionik (*indigo carmine*) dalam penanganan limbah dan pengendalian limbah cair, serta menjadikan solusi dalam pengolahan limbah zat warna dengan memanfaatkan biosorben dengan biaya murah, mudah didapat dan proses yang sederhana.

