

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna merupakan komponen penting yang biasa digunakan sebagai agen pewarna dalam industri tekstil. Pada abad ke-19, semua agen pewarna diperoleh dari sumber alami yang berasal dari tanaman, lumut, serangga, dan moluska. Namun, seiring dengan perkembangan era industri pada tahun 1800-an, pewarna alami mulai disintesis secara kimiawi¹. Perkembangan teknologi dan industri telah mengubah dinamika penggunaan pewarna dalam industri tekstil. Kini pewarna alami sudah jarang digunakan, dan kebanyakan industri yang melibatkan pewarna lebih memilih menggunakan pewarna sintetik karena lebih murah, tahan lama, dan memiliki warna yang lebih beragam dibandingkan dengan pewarna alami².

Banyak industri tekstil di Indonesia yang menggunakan zat warna sintetik. Zat warna sintetik merupakan senyawa turunan hidrokarbon benzena (C_6H_6)³. *Indigo carmine* merupakan zat warna sintetik anionik yang sering digunakan untuk memberikan warna biru pada kain, terutama denim. *Indigo carmine* pertama kali disintesis pada abad ke-19 dan sejak itu telah menjadi salah satu pewarna biru paling populer di industri tekstil. Tetapi, penggunaan *indigo carmine* yang terlalu berlebih dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan terutama pada perairan karena sifatnya yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Akibatnya, *indigo carmine* dapat bertahan lama di ekosistem perairan setelah dibuang sebagai limbah dari industri tekstil. Pewarna yang terakumulasi dalam air dapat mengurangi penetrasi cahaya, mengganggu fotosintesis tanaman air, merusak ekosistem akuatik dan menyebabkan masalah kesehatan bagi manusia⁴.

Penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan metode penanganan limbah zat warna untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses remediasi lingkungan perairan. Beberapa proses fisika-kimia seperti koagulasi elektrokinetik, pertukaran ion, pemisahan membran, oksidasi elektrokimia, dan degradasi fotokatalitik telah berhasil dalam mengatasi limbah cair yang mengandung zat warna⁵. Namun, setiap metode memiliki kekurangan masing-masing. Koagulasi, misalnya menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar yang memerlukan biaya pembuangan tinggi⁶. Sementara itu, pertukaran ion tidak menghilangkan adsorben saat proses regenerasi dan biayanya cenderung mahal⁷. Pemisahan membran efektif dalam menghilangkan zat warna, tetapi terbatas oleh masalah gangguan dan pengotoran membran⁸. Karena pH limbah cair yang bervariasi dan pewarna yang sulit terurai secara biologis, metode biologi konvensional tidak efektif untuk menangani limbah cair yang mengandung zat warna. Selain itu, biaya operasional semua proses tersebut relatif tinggi dan tidak dapat dijangkau oleh industri kecil yang memproduksi berbagai jenis limbah cair berwarna. Oleh karena itu, adsorpsi menjadi alternatif yang menarik, terutama jika adsorben yang digunakan murah dan tersedia. Teknologi adsorpsi menjanjikan karena sifatnya yang sederhana, mudah dioperasikan, tidak menghasilkan limbah padat, dan dapat diregenerasi kembali. Selain itu, adsorpsi juga efektif dalam mengurangi konsentrasi polutan organik

maupun non-organik yang berbahaya dalam air limbah⁹.

Metode absorpsi terbagi menjadi dua yaitu geosorpsi dan biosorpsi. Geosorpsi adalah proses di mana polutan diserap oleh material geologis seperti tanah, mineral, atau batuan, dengan efisiensi yang dipengaruhi oleh komposisi mineral, pH lingkungan, dan kapasitas tukar kation¹⁰. Sedangkan biosorpsi melibatkan penggunaan bahan biologis seperti mikroorganisme (bakteri, fungi, alga) atau biomassa (bagian tanaman, limbah pertanian) untuk menyerap polutan, dengan efektivitas yang dipengaruhi oleh jenis biosorben, kondisi lingkungan (seperti suhu dan pH), serta modifikasi kimia atau fisik dari biosorben¹¹.

Pada penelitian ini, dipilih metode biosorpsi untuk menyerap kontaminan zat warna di perairan dengan memanfaatkan limbah biomassa. Penggunaan limbah biomassa dapat dimanfaatkan sebagai biosorben zat warna kationik maupun anionik karena mengandung gugus aktif. Penggunaan material biologis ini juga memberikan manfaat dalam penanggulangan limbah padat organik di lingkungan untuk mengurangi jumlah biomassa yang tidak dimanfaatkan, sehingga dapat mengurangi terjadinya penumpukkan dan meningkatkan kebersihan lingkungan. Beberapa limbah alami biomassa telah dilaporkan berpotensi sebagai penyerap zat warna *indigo carmine* diantaranya adalah cangkang buah ketapang (q_e sebesar 26,77 mg/g pada pH 2)¹², batang pisang (q_e sebesar 63,54 mg/g pada pH 2)¹³, ampas teh dengan (q_e sebesar 20 mg/g pada pH 6)¹⁴, buah palem raffia (q_e sebesar 20,41 mg/g pada pH 5)¹⁵, kulit jagung (q_e sebesar 13,57 mg/g pada pH 2)¹⁶, kulit buah kapuk (q_e sebesar 45,83 mg/g pada pH 2)¹⁷.

Alpukat (*Persea americana*) merupakan salah satu komoditas pertanian utama dunia dengan produksi sebesar 410.094 ton pada tahun 2018 dan meningkat menjadi 609.049 ton pada tahun 2020¹⁸. Di Indonesia, produksi alpukat mencapai sekitar 410.094 ton pada tahun 2020. Salah satu limbah utama dari pertanian alpukat adalah biji alpukat. Biji alpukat ini merupakan limbah yang potensial untuk dijadikan biosorben karena mengandung senyawa seperti pati, selulosa, dan lignin, serta gugus fungsi hidroksil, karboksil, dan amino yang menawarkan banyak sisi aktif untuk penyerapan zat warna. Pada penelitian ini, biji alpukat dimanfaatkan untuk penyerapan zat warna *indigo carmine*, memanfaatkan komponen kimiawi dalam biji yang memungkinkan interaksi dengan molekul zat warna, sehingga efektif mengurangi konsentrasi zat warna dalam larutan¹⁹.

Pada penelitian sebelumnya telah digunakan biji alpukat untuk penyerapan zat warna anionik seperti *acid yellow 17* dengan q_e sebesar 89,2 mg/g pada pH 2, *amaranth* dengan q_e sebesar 42,7 mg/g pada pH 2²⁰, dan *alizerin red s* dengan q_e sebesar 67,08 mg/g pada pH 3²¹. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuktikan kemampuan adsorpsi biji alpukat untuk menyerap zat warna *indigo carmine* didalam air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh nilai pH_{pzc} , pH, konsentrasi, waktu kontak dan suhu pemanasan biosorben biji alpukat terhadap penyerapan zat warna *indigo carmine*?
2. Bagaimana model isoterm, kinetika dan termodinamika adsorpsi dalam menjelaskan bentuk lapisan, jenis interaksi, serta parameter termodinamika (ΔG° , ΔH° , ΔS) pada penyerapan zat warna *indigo carmine* oleh biosorben biji alpukat?
3. Bagaimana karakteristik yang dimiliki biosorben biji alpukat meliputi keberadaan gugus fungsi menggunakan FTIR, komposisi kimia menggunakan XRF, stabilitas termal menggunakan TGA dan morfologi permukaan dengan SEM-EDX pada sebelum dan sesudah adsorpsi?
4. Bagaimana pengaruh kondisi optimum untuk aplikasi penyerapan zat warna *indigo carmine* pada limbah laboratorium menggunakan biosorben biji alpukat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari pengaruh nilai pH_{pzc} , pH, konsentrasi, waktu kontak dan suhu pemanasan biosorben biji alpukat terhadap penyerapan zat warna *indigo carmine*.
2. Menganalisis model isoterm, kinetika dan termodinamika adsorpsi dalam menjelaskan bentuk lapisan, jenis interaksi, serta parameter termodinamika (ΔG° , ΔH° , ΔS) pada penyerapan zat warna *indigo carmine* oleh biosorben biji alpukat.
3. Menganalisis karakteristik yang dimiliki biosorben biji alpukat seperti keberadaan gugus fungsi menggunakan FTIR, komposisi kimia menggunakan XRF, stabilitas termal menggunakan TGA dan morfologi permukaan dengan SEM-EDX pada sebelum dan sesudah adsorpsi.
4. Mengaplikasikan kondisi optimum untuk penyerapan zat warna *indigo carmine* pada limbah laboratorium menggunakan biosorben biji alpukat.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengambil peran dalam memberikan solusi dalam mengurangi kadar polutan zat warna anionik indigo carmine dalam air limbah dengan memanfaatkan material biologis biji alpukat sebagai biosorben dengan biaya murah, mudah, dan efisien.