

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di berbagai sektor seperti industri tekstil, penyamakan kulit, dan industri kosmetik menghasilkan limbah cair yang terkontaminasi zat warna sintetik sehingga menimbulkan masalah lingkungan¹. Hal ini merupakan ancaman bagi manusia, kehidupan akuatik dan semua organisme karena kebutuhan air meningkat seiring dengan jumlah populasi makhluk hidup². Sekitar 10.000 jenis zat warna telah digunakan dalam aplikasi industri dan sekitar 0,7 juta ton pewarna telah diproduksi secara global setiap tahunnya³. Sementara itu, diperkirakan sekitar 10–15% dari volume zat warna yang diproduksi dibuang bersama aliran limbah yang dapat mencemari lingkungan perairan⁴. Banyak zat warna yang digunakan secara komersial dan memiliki struktur kompleks serta bersifat racun sehingga menimbulkan bahaya yang serius jika tertelan pada konsentrasi di atas batas yang diizinkan. Metode pengolahan air limbah yang kurang sesuai pada suatu industri akan menambah masalah lingkungan dan berdampak buruk bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Misalnya, akumulasi zat warna dapat menghambat proses fotosintesis biota perairan karena mengurangi penetrasi cahaya ke dalam perairan yang terkontaminasi⁵.

Zat warna *crystal violet* (CV) adalah salah satu zat warna kationik yang memberikan warna ungu dalam larutan air. Zat warna ini sering digunakan dalam industri tekstil, serta dalam pembuatan cat dan tinta. Namun, *crystal violet* memiliki sifat karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker dan sulit terdegradasi oleh mikroba serta memiliki kemampuan bertahan di berbagai lingkungan. Zat warna ini juga dapat menyebabkan iritasi mata dan dapat menyebabkan kerusakan permanen pada kornea. Zat warna CV dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, disertai gejala seperti muntah, diare, sakit kepala, pusing, dan nyeri jika terhirup oleh manusia. Selain itu, paparan zat warna CV yang terlalu lama dapat merusak selaput lendir dan saluran pencernaan⁶.

Berdasarkan masalah tersebut, maka diperlukan upaya untuk menghilangkan zat warna yang ada pada perairan. Beberapa metode telah dikembangkan untuk pengolahan pewarna dalam air limbah tekstil, seperti presipitasi kimia⁷, filtrasi membran⁸, koagulasi⁹, fotokatalisis¹⁰ dan adsorpsi¹¹. Metode adsorpsi dianggap sebagai metode yang ekonomis dan efektif karena relatif murah, dapat diregenerasi dan relatif sederhana dalam pengerjaannya¹². Beberapa produk pertanian telah dijadikan sebagai bahan penyerap antara lain kulit gandum¹³, pare¹⁴, biji rambutan¹⁵, sabut kelapa¹⁶, dan kulit kacang¹⁷. Pada penelitian ini, biji alpukat digunakan sebagai bahan pembuatan adsorben untuk menyerap zat warna CV.

Biji alpukat dalam kondisi kering mengandung 43-85% karbohidrat (selulosa, hemiselulosa, lignin), 3-9% protein, 2-4% lipid dan 2-4% mineral. Selain itu, biji alpukat mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, alkaloid dan tanin. Kandungan senyawa lignoselulosa yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tinggi pada biji alpukat mengakibatkan jumlah gugus fungsi seperti hidroksil, karbonil dan karboksilat yang

tinggi¹⁸. Disamping itu, produksi buah alpukat di Indonesia meningkat dari 609,049 menjadi 669,260 metrik ton pada tahun 2021 hingga 2022. Namun, konsumsi manusia dan industri pengolahan alpukat membuang biji dan kulit sebagai limbah padat yang jumlahnya mencapai 30% dari berat buah. Hal ini menjadi peluang untuk memanfaatkan biji alpukat sebagai bahan penyerap yang ramah lingkungan¹⁹. Penerapan biji alpukat sebagai biosorben telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Mahmoud telah menggunakan biji alpukat untuk menghilangkan Cr(VI) dengan kapasitas penyerapan maksimum 21,8 mg/g²⁰. M. Essoufy telah menggunakan biji alpukat untuk menghilangkan zat warna kationik *basic yellow 28* dan zat warna anionik *tartrazine* dengan kapasitas penyerapan maksimum secara berturut-turut sebesar 49,30 mg/g pada pH 10 dan 38,43 mg/g pada pH 2²¹. Penelitian juga dilakukan oleh S. Orozco menggunakan kulit alpukat dan biji alpukat untuk menghilangkan zat warna *Rhodamin B* menghasilkan kapasitas penyerapan maksimum secara berturut-turut sebesar 13,1240 dan 17,9998 mg/g²².

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi biji alpukat sebagai bahan penyerap zat warna *crystal violet* dengan menggunakan metode *batch*. Kondisi optimum penyerapan CV yang diteliti dengan memvariasikan parameter pH, konsentrasi, waktu kontak dan suhu pemanasan biosorben. Analisis model isoterm, kinetika dan termodinamika dipelajari untuk memprediksi interaksi yang terjadi selama proses adsorpsi. Karakterisasi biosorben biji alpukat dilakukan untuk melihat stabilitas termal biosorben dengan *Thermogravimetric Analysis* (TGA), keberadaan gugus fungsi permukaan biosorben sebelum dan sesudah adsorpsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), komposisi kimia biosorben sebelum dan sesudah adsorpsi dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan morfologi permukaan biosorben sebelum dan sesudah adsorpsi dengan *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX). Nilai kapasitas penyerapan dan % *removal* zat warna CV ditentukan dengan Spektrofotometer UV-Vis. Kondisi optimum dari parameter adsorpsi diaplikasikan pada limbah laboratorium yang mengandung zat warna CV.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai pH_{pzc} dan kondisi optimum pH, konsentrasi, waktu kontak dan suhu pemanasan biosorben biji alpukat pada penyerapan zat warna *crystal violet*?
2. Bagaimana model isoterm, kinetika dan termodinamika adsorpsi dalam menjelaskan bentuk lapisan, jenis interaksi, serta parameter termodinamika (ΔG° , ΔH° dan ΔS°) pada penyerapan zat warna *crystal violet* 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 *crystal violet* pada limbah laboratorium menggunakan biosorben biji alpukat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mempelajari nilai pH_{pzc} , pH, konsentrasi, waktu kontak dan suhu pemanasan biosorben biji alpukat pada penyerapan zat warna *crystal violet*.
2. Menganalisis model isoterm, kinetika dan termodinamika adsorpsi dalam menjelaskan bentuk lapisan, jenis interaksi, serta parameter termodinamika (ΔG° , ΔH° dan ΔS°) pada penyerapan zat warna *crystal violet* oleh biosorben biji alpukat.
3. Menganalisis karakteristik yang dimiliki biosorben biji alpukat seperti 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 *crystal violet* pada limbah laboratorium dengan biosorben biji alpukat.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi dan manfaat dalam menangani kontaminan zat warna seperti *crystal violet* dari limbah cair dengan memanfaatkan biomassa berupa biji alpukat sebagai biosorben. Selain itu, aplikasi kondisi optimum penyerapan zat warna *crystal violet* dengan biji alpukat pada limbah laboratorium, diharapkan dapat menjadikan solusi dan inovasi baru dalam penggunaan biosorben berbahan limbah pertanian.