

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pewarna sintetis adalah salah satu bahan baku terpenting yang digunakan dalam industri tekstil, makanan, kertas dan pulp, dan farmasi (Ramesh dkk, 2023). Dengan demikian, manipulasi pewarna telah berkembang di industri. Pewarna sintetis dapat dikelompokkan menjadi pewarna anionik (asam dan reaktif), kationik (basa), dan nonionik (dispersi). Karena warnanya yang cerah, tahan luntur air, tersedia dalam berbagai jenis, teknik aplikasi sederhana dengan konsumsi energi yang rendah, dan juga kemampuannya untuk diaplikasikan pada serat alami dan sintetis, pewarna reaktif adalah pewarna yang paling umum digunakan (Choudhary dkk., 2020). Sekitar 10–25% pewarna tekstil hilang selama proses pewarnaan, dan tergantung pada jenis pewarna yang digunakan, sekitar 2% untuk pewarna dasar dan sekitar 50% untuk pewarna reaktif biasanya dibuang sebagai limbah encer ke lingkungan. Air limbah dari industri yang mengandung residu kontaminan dari pewarna ini tidak mudah terurai secara hayati. Sehingga, air limbah yang mengandung residu pewarna ini menimbulkan beberapa efek negatif terhadap lingkungan terutama ketika mereka masuk ke badan air. Salah satu efek negatifnya adalah warna menghambat penetrasi cahaya dalam air yang selanjutnya mempengaruhi proses fotosintesis dalam sistem perairan (Lakshmi et al. 2009; Arenas et al. 2017).

Saat ini, laporan menyebutkan bahwa diperkirakan setiap tahun sekitar 280.000 ton pewarna tekstil hilang dalam limbah industri tekstil di seluruh dunia. Jumlah oksigen terlarut berkurang oleh lapisan tipis pewarna yang terbentuk di atas permukaan badan air yang pada gilirannya mempengaruhi fauna air (Choudhary dkk., 2020). Selain efek warnanya, penyerapan pewarna pada kesehatan manusia juga merugikan. Produk pemecahan pewarna melalui saluran pencernaan mempengaruhi pembentukan hemoglobin, kulit, paru-paru, dan darah (Choudhary dkk., 2020). Sehubungan dengan sifat sintetis dan aromatiknya, pewarna sintetis bersifat non-biodegradable dan karsinogenik serta dapat menyebabkan dermatitis, alergi, dan iritasi kulit (Choudhary dkk., 2020). Oleh karena itu, sangat penting untuk mengolah air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Permintaan terhadap pengolahan limbah pewarna ini dikarenakan pewarna merupakan salah satu kelompok polutan yang paling signifikan karena sifatnya yang sangat beracun.

Risti Ragadhita, 2023

STUDI KINETIKA, MEKANISME, DAN EFISIENSI ADSORPSI PEWARNA INDIGO CARMINE DARI AIR LIMBAH MENGGUNAKAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH BIOMASA BIJI ASAM JAWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Selanjutnya, pengolahan air merupakan faktor utama dalam pencapaian penyediaan air yang berkelanjutan (Matta dkk., 2022; Biswas dkk., 2022). Beberapa teknik yang sudah dilakukan untuk proses pengolahan dan pemurnian air, diantaranya proses fisika, biologi, dan kimia (Al-Ghouthi dkk., 2019; Krishnan dkk., 2021). Pengolahan air dengan proses fisika ini melibatkan proses penghilangan kotoran – kotoran yang berukuran besar atau menghilangkan padatan tersuspensi, misalnya memisahkan lumpur dan pasir. Teknik pengolahan air secara fisika melibatkan proses filtrasi, sentrifugasi, pengendapan fisika (settling), dan sebagainya. Proses pengolahan air secara fisika ini tidak membutuhkan waktu lama. Namun, kelemahan proses pengolahan air dengan cara fisika ini adalah hanya bersifat memindahkan polutan sehingga jika hasil samping pengolahannya tidak bagus, itu dapat menimbulkan masalah baru (Al-Ghouthi dkk., 2019; Krishnan dkk., 2021). Teknologi pengolahan air dengan proses biologis biasanya melibatkan metabolisme mikroba. Metode pengolahan secara biologis ini murah, aman, tetapi keberhasilan proses untuk menghilangkan padatan tersuspensi sangatlah rendah (Al-Ghouthi dkk., 2019). Pada proses kimia, prosesnya melibatkan teknik koagulasi dan pengendapan. Teknik koagulasi dan pengendapan pada proses kimia menghasilkan padatan tersuspensi yang mengendap dengan membentuk flok setelah penambahan koagulator anorganik (seperti Fe, Al, dll) sehingga padatan tersuspensi tersebut dapat kemudian dipisahkan dari air limbah. Namun, karena proses kimia menghasilkan lumpur (sludge) dalam jumlah yang relatif besar maka tetap akan menimbulkan masalah baru lagi bagi lingkungan (Al-Ghouthi dkk., 2019). Teknologi pengolahan air limbah secara fisik, biologi, dan kimia yang telah dilaporkan adalah flokulasi, ultrafiltrasi, pertukaran ion, elektrodeposisi, filtrasi membran, biodegradasi, adsorpsi, dan fotodegradasi (fotokatalis). Dari beberapa metode pengolahan air yang diusulkan, metode adsorpsi adalah metode menjanjikan yang dapat digunakan untuk pengolahan air. Metode adsorpsi memiliki keuntungan sebagai berikut: biaya rendah, efisiensi tinggi, kemudahan operasi, kemudahan implementasi, kemampuan untuk menggunakan berbagai padatan sebagai bahan adsorben, dan kemampuan untuk memulihkan adsorben dan adsorbat (Nasrollahi dkk., 2021).

Dalam proses adsorpsi membutuhkan material adsorben sebagai bahan penjerap. Saat ini, bahan penjerap komersial dan paling efisien dari beberapa kontaminan adalah karbon aktif. Partikel karbon adalah material ideal sebagai penjerap karena memiliki luas permukaan yang besar, struktur berpori dan volume pori yang tinggi, serta stabil secara kimia dan termal (Gil

Risti Ragadhita, 2023

STUDI KINETIKA, MEKANISME, DAN EFESIENSI ADSORPSI PEWARNA INDIGO CARMINE DARI AIR LIMBAH MENGGUNAKAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH BIOMASA BIJI ASAM JAWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dkk., 2021). Meskipun adsorben komersial ini memberikan tingkat penyisihan yang tinggi, tetapi karbon aktif komersial ini memiliki kekurangan yang besar seperti biaya tinggi yang membatasi aplikasinya dalam sistem skala besar karena bahan baku yang paling umum digunakan untuk pembuatan karbon aktif komersial adalah batubara mineral (seperti lignit, bituminous, dan anthracite) (Bensalah dkk., 2020). Oleh karena itu, pencarian alternatif adsorben yang murah dan efisien merupakan kebutuhan mendesak. Pemanfaatan limbah telah menarik perhatian banyak peneliti karena jumlahnya yang melimpah, harga yang murah, serta ketahanan mekanik dan kimia yang baik (Bensalah dkk., 2020). Pemanfaatan bahan limbah sebagai adsorben sejalan dengan prinsip kimia hijau dan peraturan lingkungan yang semakin ketat yang melarang praktik pembuangan.

Oleh karena itu, penggunaan bahan adsorben dari limbah pertanian telah dikenalkan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan (SDGs) melalui pengembangan bahan adsorben dari bahan terbarukan. Banyak penyelidikan telah dilakukan untuk menghilangkan kontaminan dari larutan berair melalui berbagai adsorben seperti adsorben alami yang berbasis limbah pertanian (agrikultural). Pengelolaan limbah pertanian dengan cara ini merupakan salah satu usaha dalam menangani polusi dari limbah organik akibat kegiatan berbasis agro karena produksi limbah organik yang berlebihan mengakibatkan masalah sosial ekonomi dan lingkungan yang serius di seluruh dunia, seperti pemborosan sumber daya, pencemaran lingkungan, perubahan iklim global, dan degradasi ekosistem (Niu dkk., 2022). Biasanya, produk samping berupa limbah organik dari hasil kegiatan pertanian ini dibuang sembarangan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu sehingga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Laporan juga mengatakan bahwa limbah agroindustri yang tidak diolah dan kurang dimanfaatkan dibuang dengan cara dibakar, dibuang, atau ditimbun di tempat pembuangan akhir (TPA) (Chilakamarry dkk., 2022; Awogbemi dan Von Kallon, 2022). Padahal, metode pembuangan limbah secara terbuka meningkatkan resiko pencemaran tanah di daerah sekitar pembuangan dan pembakaran limbah biomasa pertanian ini tidak dapat diterima secara sosial karena polusi atmosfer yang luas, termasuk emisi gas rumah kaca (misalnya CH₄, CO₂, dan N₂O) dan juga asap yang pada gilirannya memperburuk perubahan iklim (Goodman, 2020; Jiménez de Cisneros dkk., 2021; Koul dkk., 2022). Sekitar 21–37% gas rumah kaca dihasilkan oleh sektor pertanian (Lynch dkk., 2021). Oleh karena itu, diperlukan intervensi yang signifikan untuk pemanfaatan limbah biomasa secara berkelanjutan.

Risti Ragadhita, 2023

STUDI KINETIKA, MEKANISME, DAN EFESIENSI ADSORPSI PEWARNA INDIGO CARMINE DARI AIR LIMBAH MENGGUNAKAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH BIOMASA BIJI ASAM JAWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Ini dapat berupa pengembangan teknologi energi berkelanjutan dan penciptaan bioproduk bernilai tambah. Realitas baru ini telah mendorong model pembangunan berkelanjutan dalam beberapa tahun terakhir yang menuntut perubahan substansial dalam metode produksi pertanian konvensional dan pemanfaatan limbah.

Terlepas dari kenyataan bahwa limbah senyawa organik merupakan ancaman bagi lingkungan, mereka dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai produk otomotif, farmasi, bioadsorben, dan lain-lain (Chojnacka dkk., 2019). Oleh karena itu, para peneliti telah menyadari bahwa mengembangkan bahan dari sumber daya terbarukan seperti limbah pertanian untuk menghasilkan adsorben yang murah sebagai upaya memecahkan masalah pengolahan limbah organik harus dilakukan. Karena keberadaannya melimpah, terbarukan, dan bahan pertanian ini biasanya mengandung lignoselulosa (hemiselulosa, lignin, dan selulosa) sebagai sumber karbon yang menunjukkan kapasitas biosorpsi yang potensial maka limbah pertanian ini berpotensi dimanfaatkan sebagai material adsorben, salah satunya seperti material biochar. Biochar adalah bahan kaya karbon yang diproduksi oleh pirolisis biomassa di bawah atmosfer yang terbatas oksigen yang merupakan bahan adsorben yang efektif, terjangkau, dan ramah lingkungan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah (Saeed dkk., 2020). Selama beberapa tahun terakhir, biochar telah mendapat perhatian sebagai adsorben, terutama yang berasal dari residu pertanian seperti sekam padi (Huong dkk., 2020; Vithanage dkk., 2016), sabut kelapa (Li dkk., 2020), serbuk gergaji (Mashkooor dan Nasar, 2020), jerami jagung (Lian dkk., 2016), kulit nanas (Guo dkk., 2018), kulit durian (Ahmad dkk., 2015), dan limbah teh (Vithanage dkk., 2016). Adsorpsi ke adsorben berbasis biochar yang berasal dari rumput laut dan alga, seperti *Gracilaria corticate* (Jalali, 2002), *Asparagopsis armata* (Romera dkk., 2007), *Pterocladia capillacea* (Ibrahim, 2011), dan *Gracilaria changii* (Isam dkk., 2019), juga menunjukkan hasil yang positif untuk menghilangkan pewarna (Cheng dkk., 2019).

Salah satu limbah pertanian yang bisa dijadikan sebagai sumber bahan baku untuk preparasi biochar adalah limbah biji asam jawa. Biji asam jawa (*Tamarindus indica* L.) merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan di berbagai jenis tanah sehingga biji asam jawa ini ditanam secara besar-besaran di negara-negara seperti India, Thailand, Indonesia, Myanmar, dan Filipina karena dapat dengan mudah dibudidayakan di berbagai jenis tanah. Selain itu, buah asam jawa ini terdiri dari daging buah dan biji yang keras. Biji asam jawa terdiri dari kulit biji atau testa (20-30%), kernel atau endosperm (70-75%),

Risti Ragadhita, 2023

STUDI KINETIKA, MEKANISME, DAN EFESIENSI ADSORPSI PEWARNA INDIGO CARMINE DARI AIR LIMBAH MENGGUNAKAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH BIOMASA BIJI ASAM JAWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

mengandung 67,1 g/Kg serat kasar dengan persentase karbohidrat lebih tinggi (Walia dkk., 2021). Hampir sebagian besar kandungan pada biji asam jawa adalah lignoselulosa yang cocok sebagai bahan baku untuk preparasi biochar. Dengan demikian biji asam jawa ini adalah salah satu produk limbah biomasa hemat biaya yang tersedia dan dapat digunakan sebagai adsorben yang layak untuk menghilangkan kontaminan di air.

Saat ini, limbah biomasa mendapat perhatian antara lain sebagai bahan alami untuk dimanfaatkan sebagai biosorben karena kapasitas adsorpsinya yang tinggi, keterjangkauan, ketersediaan, pemanfaatan limbah, dan ramah lingkungan. Meskipun demikian, memahami kemampuan adsorpsi, kinetik, dan isoterm penyisihan pewarna IC menggunakan biochar berbasis biji asam jawa belum dieksplorasi secara mendalam. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mempreparasi adsorben berbasis limbah biji asam jawa untuk mempelajari penghilangan zat warna indigo carmine dari larutan air tunggal. Larutan air tunggal ini maksudnya adalah larutan air yang hanya mengandung satu kontaminan saja yang berasal dari pewarna indigo carmine. Faktor penting, termasuk ukuran partikel adsorben, waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal zat warna, dan variasi pH, diselidiki untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Dua model kinetik dan enam model isoterm diperiksa dalam penelitian ini. Hasil dari sistem batch pada studi tentang kinetika adsorpsi dan isoterm pada biochar berbasis limbah biji asam jawa ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang melibatkan mekanisme adsorpsi dan wawasan tentang aplikasi potensial dalam pengolahan air limbah. Implikasi dari penelitian ini akan menawarkan tantangan baru dan peluang daur ulang limbah makanan dalam proses biosorpsi untuk penghilangan kontaminan pewarna organik dari limbah air limbah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisikokimia produk biochar yang dipreparasi dari limbah biji asam jawa?
2. Bagaimana kondisi optimum adsorpsi pewarna IC dengan adsorben biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa?
3. Bagaimana pengaruh ukuran partikel adsorben biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa terhadap aktivitas dan mekanisme adsorpsi?

Risti Ragadhita, 2023

STUDI KINETIKA, MEKANISME, DAN EFESIENSI ADSORPSI PEWARNA INDIGO CARMINE DARI AIR LIMBAH MENGGUNAKAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH BIOMASA BIJI ASAM JAWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

4. Bagaimana pengaruh ukuran partikel adsorben biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa terhadap aktivitas kinetika adsorpsi dan kapasitas adsorpsi?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai:

1. Mengetahui karakteristik fisikokimia dari produk biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa.
2. Mengetahui kondisi optimum adsorpsi pewarna IC oleh adsorben biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa.
3. Mengetahui pengaruh ukuran partikel adsorben biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa terhadap aktivitas dan mekanisme adsorpsi.
4. Mengetahui pengaruh ukuran partikel adsorben biochar yang dipreparasi dari biji asam jawa terhadap aktivitas kinetika adsorpsi.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberi rujukan kepada pihak terkait untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah pertanian dan memberikan informasi kepada masyarakat untuk dapat memanfaatkan limbah biomasa pertanian. Selain itu, penelitian ini mengarah pada pengembangan yang layak dan strategi biokonversi limbah biomasa pertanian yang layak secara ekonomi.

1.5. Struktur Organisasi Tesis

Tesis ini terdiri atas Bab I yang berisi tentang pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur organisasi tesis. Bab II berisi tentang kajian pustaka yang meliputi limbah pertanian, partikel karbon, metode karbonisasi, kampas rem, bioplastik, bioadsorben, limbah zat warna organik, dan isotherm adsorpsi. Bab III berisi tentang metode, alat, bahan, dan instrumen karakterisasi penelitian. Bab IV berisi tentang temuan dan pembahasan. Bab V berisi tentang simpulan dan rekomendasi.

Risti Ragadhita, 2023

STUDI KINETIKA, MEKANISME, DAN EFESIENSI ADSORPSI PEWARNA INDIGO CARMINE DARI AIR LIMBAH MENGGUNAKAN BIOCHAR BERBASIS LIMBAH BIOMASA BIJI ASAM JAWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu