

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Peningkatan pertumbuhan populasi penduduk dan industri yang sangat cepat, telah meningkatkan jumlah limbah yang masuk ke lingkungan. Limbah cair seperti pewarna sintesis dapat berasal dari industri tekstil, percetakan, plastik, pewarna rumah tangga dan bahan lainnya. Limbah zat warna tekstil menjadi perhatian karena penggunaan bahan tekstil akan selalu meningkat dengan peningkatan populasi penduduk. Pewarna sintesis dapat mewarnai air bahkan dalam konsentrasi kecil. Kehadiran pewarna dalam air limbah mengurangi penetrasi sinar matahari dan fotosintesis serta menyebabkan toksisitas akut terhadap kehidupan air (Sharma *et al.*, 2017). Pewarna-pewarna ini juga berdampak buruk bagi kesehatan manusia seperti: iritasi mata, iritasi kulit, mutagenik, dan karsinogenik (Wang *et al.*, 2017).

Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No.13 tahun 2019 bidang Industri Kimia, Farmasi dan Tekstil tentang “Standar Industri Hijau untuk Industri Tekstil Pencelupan, Pencapan, dan Penyempurnaan” menyatakan bahwa tidak boleh terdeteksi adanya kandungan zat warna berbahaya di perairan (No.13, 2019). Namun kenyataannya masih terdapatnya kasus limbah zat warna sintesis berbahaya yang mencemari sungai yang berasal dari pembuangan limbah industri tekstil yang tidak diolah dengan baik.

Berbagai cara dalam mengatasi masalah limbah pewarna baik secara fisik maupun kimia telah banyak dilaporkan, seperti: koagulasi kimia (Fosso-Kankeu, Webster, *et al.*, 2017), lumpur aktif (Gulnaz *et al.*, 2004), biodegradasi (Singh *et al.*, 2006), fotokatalisis (Zilfa *et al.*, 2018), gabungan fotokatalisis dan pemisahan secara magnetis (Rahmayeni *et al.*, 2017), oksidasi (Chen *et al.*, 2007), teknologi membran reverse osmosis dan nanofiltrasi (Abid *et al.*, 2012) serta metode adsorpsi. Diantara metoda tersebut, metoda adsorpsi paling banyak dikembangkan untuk menyerap limbah cair karena lebih mudah dan ramah lingkungan (Hevira *et al.*, 2019). Dalam proses adsorpsi dapat digunakan bahan geomaterial seperti: zeolit untuk menghilangkan limbah cair dari ternak (Higarashi & Mattei, 2009),

bentonit untuk mengadsorpsi aflatoksin (Wongtangtintan *et al.*, 2016), ZnO untuk mengadsorpsi asam alifatik dikarboksilat (Al-Mahmoud, 2019), dan polimer untuk mengadsorpsi metilen biru (Lebkiri *et al.*, 2019).

Metode adsorpsi paling banyak digunakan untuk menyerap zat warna karena aman dan tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan serta tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal (Pyrzynska, 2019). Metode adsorpsi juga bisa dilakukan dengan memanfaatkan adsorben yang berasal dari limbah tumbuhan dan hewan (biomaterial) yang mudah diperoleh sekaligus mengurangi limbah padat organik (Hevira *et al.*, 2019). Adsorben yang berasal dari tumbuhan bisa menggunakan biji durian (Chaidir, Sagita, *et al.*, 2015), biji sirsak (Chaidir, Furqani, *et al.*, 2015), buah pinus (Salazar-Rabago *et al.*, 2017) dan biji rambutan (Zein *et al.*, 2015), sedangkan dari hewan seperti kulit telur dan membrannya (Hevira *et al.*, 2020), kulit udang (Ramadhani *et al.*, 2020) dan lainnya. Biosorben yang dimodifikasi masih menjadi topik penelitian yang cukup populer karena tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Adsorben yang berasal dari polimer, biopolimer alami, residu industri dan pertanian, serta produk sampingan biasanya digunakan sebagai bahan untuk menghilangkan zat warna secara efisien. Fitur metode yang paling dicari adalah berbiaya rendah, pengoperasian mudah serta residu sekunder dan lumpur yang rendah (Oymak dan Esra Bağda, 2018).

Ketapang merupakan tanaman multi fungsi yang banyak digunakan dari akar, batang, daun dan bijinya. Bijinya banyak digunakan untuk industri makanan cemilan dan juga untuk campuran pembuatan mie, tahu dan roti. Sekitar 89% cangkang biji ketapang terbuang sebagai limbah yang jarang dimanfaatkan, sementara hanya sedikit yang menggunakan untuk pembuatan arang briket. Cangkang ketapang sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah yang efektif dan penghilangan kontaminan zat warna. Pendekatan ini memiliki keuntungan yang besar baik dari sudut pandang ekonomi dan lingkungan (Sathishkumar *et al.*, 2015). Adanya gugus fungsi yang terdapat pada biosorben cangkang ketapang seperti hidroksil, karboksil dan amina dapat digunakan sebagai penyerap zat warna berbahaya dalam perairan.

Latar belakang penelitian ini adalah mencari biosorben yang dapat menyerap zat warna kationik (*methylene blue*) dan zat warna anionik (*indigo carmine*) dengan biaya yang murah, proses yang cepat dan bisa digunakan berulang kali. Pada penelitian sebelumnya, sudah dilakukan penyerapan ion logam Pb (II), Cd (II) dan Cu (II) dari limbah cair menggunakan cangkang ketapang dengan kapasitas penyerapan 12,67 mg/g, 16,46 mg/g dan 5,44 mg/g (Hevira et al., 2015). Berdasarkan hal diatas, maka kemungkinan cangkang ketapang juga dapat digunakan untuk menyerap zat warna kationik (*methylene blue*). Karbon aktif dari cangkang ketapang telah digunakan untuk menyerap *methylene blue* dengan kapasitas penyerapan adalah 17,44 mg/g (Saheed et al., 2016). Kekurangan dari penelitian tersebut adalah perlakuan kalsinasi yang butuh waktu dan biaya yang tinggi dengan kapasitas adsorpsi yang masih rendah. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan aktivasi terhadap biosorben tanpa perlakuan kalsinasi dan mencari parameter optimum dari penyerapan zat warna kationik dan membandingkannya dengan zat warna anionik.

Kapasitas penyerapan zat warna anionik cenderung lebih kecil dibandingkan dengan zat warna kationik, karena sedikitnya jumlah gugus amina dalam biosorben. Kapasitas penyerapan zat warna anionik *Methanyl Yellow* berhasil ditingkatkan dari 25,975 mg/g menjadi 82,345 mg/g dengan modifikasi silika dari sekam padi menggunakan protein Bovine Serum Albumin (BSA) (Zein et al., 2020). Adanya gugus fungsi amina yang terdapat pada BSA dapat meningkatkan kapasitas penyerapan dari zat warna anionik. Namun kekurangan modifikasi dengan BSA ini masih relatif mahal. Putih telur ayam ras merupakan protein yang juga mempunyai gugus amina dengan keunggulan mudah didapat dengan harga lebih murah dan bisa didegradasi. Peneliti lain menggunakan putih telur yang dicampur dan dipanaskan dengan N, N'-Methylenebis (akrilamida) dapat menyerap zat warna anionik (*indigo carmine*) dengan kapasitas penyerapan 67,56 mg g<sup>-1</sup> (Oymak & Esra Bağda, 2018). Nilai kapasitas penyerapannya cukup tinggi namun penggunaan akrilamida masih berbahaya.

Putih telur merupakan biopolimer alami yang dapat terbiodegradasi, biokompatibilitas, tidak beracun, dan tidak karsinogenik (Zahedi & Fallah-Darrehchi, 2015). Modifikasi cangkang ketapang dengan putih telur dilakukan

untuk meningkatkan kapasitas penyerapan *indigo carmine* yang rendah. Ketiga perlakuan dilakukan dengan sistem *batch* dan hasilnya dibandingkan langsung pada penentuan:  $pH_{pzc}$  biosorben, pengaruh pH larutan, ukuran partikel, waktu kontak, konsentrasi awal zat warna, suhu pemanasan biosorben, reusability, penyerapan secara simultan dan aplikasi biosorben pada limbah cair. Analisa isotherm, analisa model kinetika penyerapan dan termodinamika reaksi juga dilakukan. Karakterisasi biosorben sebelum dan sesudah penyerapan dibuktikan dengan XRF, FTIR, SEM-EDX, BET dan TGA. Mekanisme reaksi diprediksi untuk menunjukkan apa saja yang berinteraksi saat terjadinya penyerapan zat warna oleh biosorben.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu:

1. Apakah cangkang ketapang mampu menyerap zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine*?
2. Bagaimana kemampuan daya serap cangkang ketapang yang telah dimodifikasi dengan putih telur untuk menyerap zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine*.
3. Bagaimana titik  $pH_{PZC}$  dari biosorben dan mempelajari pengaruh pH, ukuran partikel, waktu kontak, konsentrasi zat warna dan pemanasan biosorben mempengaruhi kapasitas penyerapan
4. Bagaimana model kinetika reaksi, isotherm reaksi dan termodinamika dari reaksi penyerapan.
5. Bagaimana komposisi kimia dari biosorben, gugus fungsi dari biosorben, morfologi permukaan, ukuran pori dan ketahanan biosorben terhadap pemanasan dan hubungannya dengan kapasitas penyerapan.
6. Bagaimana reusabilitas dari biosorben cangkang ketapang untuk menyerap zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine*, dan reusabilitas cangkang ketapang yang dimodifikasi dengan putih telur untuk menyerap *indigo carmine*.

7. Bagaimana kompetisi penyerapan campuran zat warna yang diserap oleh cangkang ketapang dan modifikasi dengan putih telur.
8. Bagaimana aplikasi kondisi optimum penyerapan zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine* oleh cangkang ketapang dan modifikasi pada limbah cair zat warna laboratorium.

### 1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan kemampuan daya serap cangkang ketapang untuk menyerap zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine*.
2. Menentukan kemampuan daya serap cangkang ketapang yang telah dimodifikasi dengan putih telur untuk menyerap zat warna *indigo carmine*.
3. Mencari titik  $pH_{PZC}$  dari biosorben dan mempelajari pengaruh pH, ukuran partikel, waktu kontak, konsentrasi zat warna dan pemanasan biosorben.
4. Menganalisis model kinetika reaksi dari data waktu kontak, menganalisis model Isotherm dari data konsentrasi awal zat warna, dan analisis termodinamika dari parameter  $\Delta G$ ,  $\Delta H$  dan  $\Delta S$  reaksi penyerapan.
5. Menganalisis komposisi kimia dari biosorben dengan XRF, menganalisa gugus fungsi dari cangkang ketapang sebelum dan setelah penyerapan dengan FTIR, mempelajari morfologi permukaan dari biosorben dengan SEM-EDX dan menganalisis ukuran pori biosorben dengan BET serta mempelajari pengurangan massa dari biosorben setelah dipanaskan dengan TGA.
6. Menganalisa reusabilitas dari biosorben cangkang ketapang untuk menyerap zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine*, dan reusabilitas cangkang ketapang yang dimodifikasi dengan putih telur untuk menyerap *indigo carmine*.
7. Menentukan kompetisi penyerapan campuran zat warna yang diserap oleh cangkang ketapang dan modifikasi dengan putih telur.
8. Mengaplikasikan kondisi optimum penyerapan zat warna *methylene blue* dan *indigo carmine* oleh cangkang ketapang dan modifikasi pada limbah cair zat warna laboratorium.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

1. Manfaat terhadap ilmu pengetahuan dan institusi, dapat mengetahui proses dan mekanisme reaksi penyerapan zat warna menggunakan biosorben cangkang ketapang.
2. Mengetahui proses dan mekanisme penyerapan zat warna menggunakan cangkang ketapang yang dimodifikasi dengan putih telur.
3. Manfaat terhadap masyarakat dapat menjadikan solusi pengolahan limbah zat warna dengan memanfaatkan biosorben dengan biaya murah, mudah didapat dan proses yang tidak rumit.

#### 1.5. Kebaruan Penelitian

Kebaruan penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan cangkang ketapang yang sering terbuang untuk menyerap zat warna kationik dan anionik.
2. Memanfaatkan nilai tambah dari putih telur ayam ras untuk meningkatkan kapasitas penyerapan zat warna anionik.

