

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil di Indonesia menghasilkan limbah pewarna yang merupakan senyawa organik *non-biodegradable* yang mencemari lingkungan. Jumlah limbah yang dihasilkan terus bertambah seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk tekstil. Peningkatan ini menyebabkan rusaknya ekosistem dan pencemaran lingkungan khususnya di sekitar industri tersebut (Oko *et al.*, 2022). Pewarna mempunyai peranan besar terhadap industri tekstil karena merupakan senyawa kompleks karena memiliki banyak kelebihan yaitu: mudah didapatkan, memiliki harga yang mudah dijangkau, memiliki banyak pilihan warna, memiliki warna cerah dan tahan lama. Namun dampak dari pewarna sintetis juga merugikan jika tidak ditangani dengan baik serta memerlukan perlakuan khusus untuk mencegah terjadinya pencemaran yang berlebihan (Setyoprato *et al.*, 2022).

Limbah industri tekstil umumnya mengandung zat warna sintetis dan berbagai senyawa organik terlarut yang tergolong sebagai bahan berbahaya yang bersifat karsinogenik dan mutagenik yang merusak lingkungan dan mencemari ekosistem air, terjadi penghambatan proses fotosintesis akibat berkurangnya penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan, sehingga mengakibatkan penurunan kualitas perairan serta mengakibatkan kematian pada makhluk hidup di dalam air karena kekurangan O₂ (Widjajanti *et al.*, 2011). Zat warna sintetis yang digunakan dalam pewarnaan tekstil tersebut terbuat dari senyawa azo yang mempunyai turunan yaitu gugus benzena, gugus yang sulit dibiodegradasi karena memiliki struktur aromatik yang memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik. Sifat karsinogenik dan mutagenik tersebut dapat

mengancam kehidupan ekosistem karena mengandung 60-70% gugus azo (Setyoprato et al., 2022).

Remazol blue turkish merupakan salah satu zat warna sintetis yang mengandung senyawa azo aromatik, juga memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik dengan rumus $C_{40}H_{25}CuN_9O_{14}S_5$, *remazol blue turkish* sering digunakan dalam proses pencelupan yang menghasilkan warna biru kehijauan (Sudiana et al., 2022). Zat warna ini memiliki gugus sulfonat (SO_3Na) yang memungkinkan terbentuknya ikatan kovalen dengan serat selulosa yang menghasilkan warna yang kuat dan tahan luntur. *Remazol blue turkish* dipilih dalam penelitian ini karena termasuk salah satu zat warna reaktif paling banyak digunakan dalam industri tekstil yang limbahnya langsung dibuang ke badan air atau lingkungan di sekitar industri tanpa melalui pengolahan yang memadai. Karakteristiknya yang larut air, tahan terhadap pencucian, serta memiliki struktur kompleks menjadikannya representatif untuk menggambarkan tantangan dalam pengolahan limbah zat warna reaktif. Selain itu, warnanya yang intens dan stabil di lingkungan sering dijadikan indikator dalam adsorpsi dan pengolahan limbah tekstil karena menunjukkan perubahan konsentrasi yang jelas secara visual dan analitik. Oleh karena itu, limbah zat warna tersebut harus ditangani lebih dahulu sebelum dibuang. (Nasir et al., 2019).

Dalam upaya menangani dan mengurangi pencemaran dari zat warna yang langsung dibuang tersebut dilakukan penanganan dengan beberapa teknik meliputi koagulasi, flokulasi, pertukaran ion, filtrasi membran, ekstraksi. Namun, dari beberapa teknik tersebut cenderung menimbulkan permasalahan baru, seperti tingginya biaya operasional serta terbentuknya lumpur residu yang perlu penanganan lanjutan (Putu et al., 2016). Oleh karena itu, adsorpsi merupakan salah satu teknik yang efektif untuk mengatasi permasalahan ini karena memiliki efisiensi tinggi dalam mengikat polutan,

lebih ramah lingkungan serta tidak menghasilkan produk samping berbahaya dalam jumlah besar dan menggunakan bahan yang terjangkau contohnya cangkang telur ayam yang juga mengurangi limbah rumah tangga (Setyoprato *et al.*, 2022).

Adsorpsi merupakan satu dari berbagai metode atau teknik sederhana yang baik digunakan dalam penanganan masalah ini. Proses adsorpsi biasanya terjadi di permukaan dinding yang berpori kecil seperti cangkang telur ayam. Karena ukuran pori-pori yang kecil ini, total luas permukaan bagian dalam menjadi jauh lebih besar dibandingkan dengan permukaan luarnya (Ananda, 2022). Ketika adsorben telah mencapai titik jenuh adsorben tersebut masih dapat digunakan kembali melalui proses regenerasi. Kualitas adsorben dapat diukur dengan efisiensinya dalam dua hal yaitu durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat penyerapan dan kecepatan dalam regenerasi dan pengeringannya. Cangkang telur merupakan adsorben yang mudah diperoleh yang dapat dimanfaatkan dalam proses adsorpsi (Muliyah, 2020).

Cangkang telur ayam terdiri dari 94–97% kalsium karbonat (CaCO_3), 1% kalsium fosfat (Ca_3PO_4), 1% magnesium karbonat (MgCO_3), dan 4% bahan organik. Cangkang telur ayam merupakan salah satu bahan yang berpotensi digunakan karena mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dalam jumlah yang tinggi dan memiliki pori-pori kecil dan banyak yang jumlahnya berkisar antara 7000 sampai 17000 yang berfungsi sebagai pertukaran gas dengan ukuran 0,01-0,07 μm yang tersebar pada seluruh permukaan cangkang telur. Kemampuan cangkang telur ayam sebagai adsorben tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan pori-pori permukaannya, tetapi juga oleh gugus-gugus fungsional yang berperan dalam proses adsorpsi. Gugus hidroksil ($-\text{OH}$) dan gugus aktif lainnya pada permukaan adsorben mampu berinteraksi dengan gugus sulfonat pada zat warna sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi. Selain itu, Berdasarkan data Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan,

produksi telur di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 2.084.641 ton. Tingginya produksi tersebut menghasilkan limbah cangkang telur dalam jumlah yang besar, sehingga pemanfaatannya sebagai adsorben menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan nilai guna limbah sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan. (Oko *et al.*, 2022).

Hidroksiapatit (HAp) merupakan mineral golongan apatit yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Senyawa ini umumnya memiliki struktur Kristal berbentuk heksagonal dengan komposisi unsurnya terdiri atas 39,9 % Kalsium (Ca), 18,5 % fosfor (P) 0,2 % hydrogen (H), dan 41,41 % oksigen (O). Selain itu, hidroksiapatit memiliki rasio molar kalsium terhadap fosfat (Ca/P) teoritis sebesar 1,67. Hidroksiapatit banyak digunakan di bidang kedokteran, bioteknologi dan lingkungan karena memiliki sifat biokompatibel, stabil, dan kemampuan adsorpsi yang baik. Di lingkungan, hidroksiapatit dapat digunakan dalam pengelolaan limbah karena memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi logam berat. Hidroksiapatit (HAp) dapat disintesis menggunakan berbagai bahan baku alami yang tersedia melimpah, seperti batu kapur, cangkang telur, batu karang, dan kulit kerang. Di antara berbagai bahan tersebut, cangkang telur memiliki potensi yang besar sebagai prekursor hidroksiapatit karena pemanfaatannya tidak hanya menyediakan sumber kalsium, tetapi juga meningkatkan nilai guna limbah cangkang telur. Cangkang telur memiliki lapisan luar yang keras dan padat akibat tingginya kandungan mineral dan kalsium, yaitu sekitar 96 %, yang sebagian besar terdapat dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3). (Hutabarat *et al.*, 2019).

Hidroksiapatit yang digunakan dalam proses adsorpsi selalu dipengaruhi oleh suhu dan durasi kalsinasi. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh (Mulyah, 2020) menunjukkan bahwa suhu kalsinasi berpengaruh terhadap pembentukan hidroksiapatit dan kemampuan adsorpsinya terhadap *methylene blue*. Berdasarkan penelitian tersebut,

pada penelitian ini dilakukan sintesis hidroksiapatit menggunakan cangkang telur ayam dengan variasi suhu kalsinasi 600, dan 700 °C yang kemudian dilakukan uji coba pada zat warna *remazol blue turkish*.

Penelitian ini membuktikan bahwa suhu berperan penting dalam meningkatkan kualitas hidroksiapatit. Metode presipitasi dipilih sebagai pendekatan dalam sintesis hidroksiapatit pada penelitian ini, karena memiliki proses yang efisien dan baik. Metode ini merupakan bagian dari teknik kimia basah yang mudah dalam memperoleh bahan baku, memiliki kondisi reaksi yang stabil, serta ukuran partikel yang lebih homogen. Selain memiliki proses yang sederhana, metode ini juga lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah berbahaya dalam jumlah yang signifikan selama proses sintesis. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi waktu kontak, pH, konsentrasi, pola kinetika dan isoterm adsorpsi serta termodinamika adsorpsi pada zat warna *remazol blue turkish*, serta dikaji melalui pendekatan karakterisasi FTIR, XRD, dan SEM-EDX. Dengan pendekatan tersebut diharapkan diperoleh hidroksiapatit dengan karakteristik yang baik dan kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap zat warna *Remazol Blue Turkish* sehingga dapat menjadi alternatif adsorben ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah tekstil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam proses penelitian ini dapat disusun sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur ayam dengan variasi suhu kalsinasi 600 dan 700 °C.
2. Bagaimana pengaruh waktu kontak, pH, dan konsentrasi zat warna terhadap efisiensi adsorpsi pewarna tekstil *remazol blue turkish* menggunakan hidroksiapatit dari cangkang telur ayam.

3. Bagaimana model kinetika dan isoterm adsorpsi zat warna *remazol blue turkish* menggunakan hidroksiapatit dari cangkang telur ayam.
4. Bagaimana parameter termodinamika zat warna *remazol blue turkish* menggunakan hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur ayam.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis karakteristik hidroksiapatit yang disintesis dari cangkang telur ayam pada variasi suhu kalsinasi 600, dan 700°C, berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, XRD, dan SEM-EDX.
2. Menganalisis pengaruh waktu kontak, pH, dan konsentrasi zat warna terhadap efisiensi adsorpsi pewarna tekstil *remazol blue turkish* menggunakan hidroksiapatit dari cangkang telur ayam.
3. Menganalisis model kinetika dan isoterm adsorpsi zat warna *remazol blue turkish* menggunakan hidroksiapatit dari cangkang telur ayam.
4. Menganalisis parameter termodinamika adsorpsi zat warna *remazol blue turkish* dari hidroksiapatit cangkang telur ayam.

1.4 Manfaat Penelitian

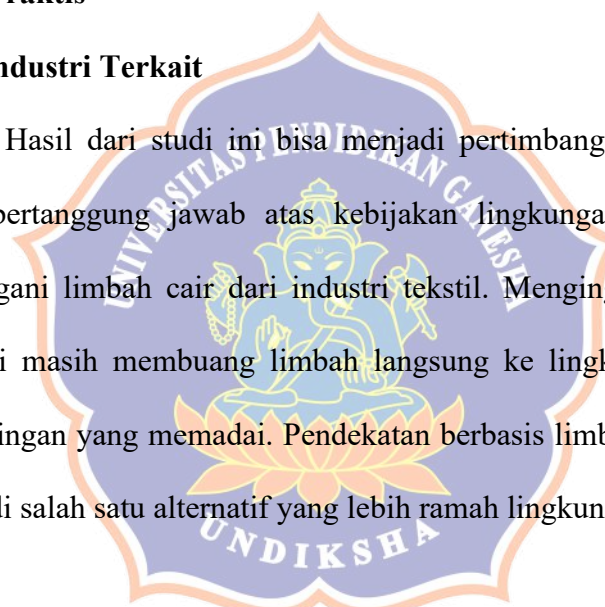
1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini akan mengatasi permasalahan yang timbul akibat limbah tekstil yang mencemari lingkungan khususnya di sekitar kawasan industri. Dengan pemanfaatan cangkang telur yang juga merupakan limbah organik

rumah tangga sebagai bahan baku untuk menghasilkan hidroksiapatit. Penelitian ini membuka kemungkinan baru dalam pemanfaatan limbah organik. Selain itu penelitian ini bisa memperluas pemahaman tentang bagaimana material alami seperti hidroksiapatit dapat menyerap zat warna berbahaya dari limbah tekstil. Dengan demikian, penelitian ini dapat menambah pemahaman tentang solusi pengolahan limbah yang lebih alami dan tidak menambah beban pencemaran pada ekosistem.

2. Manfaat Praktis

a) Bagi Industri Terkait



Hasil dari studi ini bisa menjadi pertimbangan bagi pihak-pihak yang bertanggung jawab atas kebijakan lingkungan khususnya dalam menangani limbah cair dari industri tekstil. Mengingat banyak kawasan industri masih membuang limbah langsung ke lingkungan tanpa proses penyaringan yang memadai. Pendekatan berbasis limbah organik ini dapat menjadi salah satu alternatif yang lebih ramah lingkungan.

b) Bagi Industri Tekstil

Pemilik dan pengelola industri tekstil bisa memanfaatkan hasil dari penelitian ini untuk mengevaluasi kembali sistem pengolahan limbah mereka. Cangkang telur ayam yang merupakan limbah organik dapat digunakan sebagai bahan dasar adsorben yang akan mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan efisiensi produksi yang lebih ramah lingkungan.

c) Bagi Mahasiswa Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah sebagai sumber acuan bagi mahasiswa dan peneliti, khususnya yang memiliki ketertarikan pada bidang kimia lingkungan dan teknologi lingkungan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan penelitian selanjutnya mengenai sintesis hidroksiapatit dan aplikasi hidroksiapatit dalam berbagai bidang, termasuk lingkungan.

