

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tekstil dan produk tekstil merupakan salah satu sektor utama manufaktur yang berperan penting dalam perekonomian nasional. Kementerian Perindustrian mencatat bahwa nilai ekspor sektor industri tekstil dan produk tekstil sepanjang tahun 2019 mencapai US\$ 12,9 miliar dan kinerja pertumbuhan industri tekstil tercatat meningkat sebesar 19% (Gayatri *et al.*, 2021). Industri Tekstil juga berperan penting dalam pembangunan nasional yaitu menyerap tenaga kerja sebesar 20 persen dari total tenaga kerja di industri pengolahan (Kemenperin.go.id, 2019). Namun, selain memberikan dampak positif terhadap perekonomian, berkembangnya industri tekstil juga berpotensi merusak lingkungan. Industri tekstil adalah salah satu industri yang banyak menggunakan bahan kimia dan air dalam proses produksinya. Air limbah tekstil mengandung kontaminan organik dan anorganik yang tinggi dengan intensitas warna yang ekstrim yang dihasilkan dari penggunaan sejumlah besar bahan kimia termasuk pewarna dalam proses pewarnaan tekstil. Diperkirakan lebih dari 100.000 ton per tahun pewarna sintetis dikonsumsi untuk industri tekstil (Tan *et al.*, 2010) dan diperkirakan sekitar 10-50% dibuang ke lingkungan sebagai air limbah (Ben Mansour *et al.*, 2012).

Zat warna tekstil secara umum diklasifikasikan sebagai anionik, kationik, dan non-ionik, tergantung pada muatan ionik molekulnya, yang mana kelas kationik dianggap lebih berbahaya dibandingkan dengan jenis anionik dan non-ionik (Omer *et al.*, 2018). Rhodamin B ( $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ ) merupakan zat warna dari golongan kationik (*cationic dyes*) yang sering digunakan sebagai bahan zat warna dasar dalam tekstil. Rhodamin B adalah salah satu zat pewarna sintetis yang sering digunakan dalam industri tekstil karena mudah didapat, ekonomis, dan menghasilkan warna yang menarik.

Pewarna rhodamin B seperti pewarna lainnya, stabil terhadap cahaya, panas, oksidasi, dan tidak dapat terurai secara biologis (Tao *et al.*, 2017). Karena sifatnya yang tidak dapat dirusak dan stabilitas struktural yang melekat, Rhodamin B dikategorikan sebagai pewarna neurotoksik pada manusia dan hewan,

menyebabkan infeksi pada mata, kulit, saluran pencernaan, dan saluran pernapasan (Hamdaoui, 2011). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pewarna rhodamin B dianggap sebagai karsinogenik dan mutagenik pada hewan dan manusia. Oleh karenanya diperlukan suatu metode yang efisien dan efektif untuk mengurangi kandungan rhodamin B dalam limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan.

Banyak cara telah digunakan untuk mendegradasi senyawa berbahaya dalam limbah tekstil. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk menyisihkan polutan-polutan organik seperti limbah zat warna tekstil adalah metode fotokatalisis atau fotodegradasi (Carabin *et al.*, 2015). Fotokatalisis secara umum didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis. Prinsip dasar fotokatalis adalah iradiasi katalis menggunakan foton berenergi cukup menghasilkan radikal hidroksil yang merombak bahan pencemar (Ibhadon & Fitzpatrick, 2013). Fotokatalisis adalah metode yang sederhana dan efektif untuk mengolah air limbah pewarna yang sangat sulit untuk didegradasi (Rafiq *et al.*, 2021). Melalui pendekatan ini, bahan-bahan organik berbahaya diuraikan dengan adanya suatu katalis dan iradiasi sinar ultraviolet (UV) tanpa menghasilkan polutan-polutan yang berbahaya. Secara umum proses fotokatalisis ini menggunakan katalis berupa semikonduktor seperti  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan sebagainya. Di antara berbagai semikonduktor  $\text{ZnO}$  adalah salah satu katalis yang banyak digunakan untuk aplikasi fotokatalisis karena efektif, murah, dan tidak beracun untuk degradasi berbagai polutan (Mohammad *et al.*, 2016).  $\text{ZnO}$  adalah semikonduktor yang ramah lingkungan dan berlimpah di alam dengan konduktivitas tipe-n dan celah pita lebar 3,3 eV (Adeel *et al.*, 2021). Keunggulan  $\text{ZnO}$  sebagai fotokatalis adalah memiliki energi celah pita yang sama tetapi menunjukkan efisiensi penyerapan yang lebih tinggi di sebagian besar spektrum matahari jika dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$  (Azam *et al.*, 2016). Dilaporkan juga bahwa di antara berbagai semikonduktor,  $\text{ZnO}$  memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam degradasi fotokatalitik beberapa pewarna organik daripada  $\text{TiO}_2$  (Lee *et al.*, 2015).

Namun  $\text{ZnO}$  sebagai fotokatalis masih memiliki beberapa kelemahan seperti kemampuan adsorpsi dalam menyerap zat yang akan didegradasi masih rendah, rekombinasi cepat pasangan elektron-hole yang dihasilkan secara fotogenerasi sehingga menurunkan efektivitas fotokatalitiknya, dan mudah mengalami agregasi

atau penggumpalan apabila digunakan secara langsung sebagai fotokatalis dalam proses fotokatalitik. Untuk mengatasi masalah ini, kegiatan penelitian telah berkembang untuk memperkuat fotokatalis ZnO dengan memanipulasi struktur nano dan morfologinya, salah satunya menggabungkan material asing (logam/oksida logam, keramik, atau polimer) pada semikonduktor ZnO dalam bentuk komposit.

Hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) adalah biokeramik kalsium fosfat yang dan biomaterial yang sangat diminati di berbagai bidang karena strukturnya yang luar biasa dan sifat-sifatnya yang melekat seperti kapasitas adsorpsinya yang besar, kemampuan penyesuaian asam-basa, kemampuan penukaran ion, dan stabilitas termalnya yang baik. Sebagai contoh, hidroksiapatit sangat penting dalam dunia medis yang digunakan sebagai bahan perbaikan tulang (Mondal *et al.*, 2016) atau dalam bidang farmasi sebagai media penghantaran protein dan agen pelepas obat. Penelitian tentang hidroksiapatit sudah banyak dilakukan karena aplikasinya yang sangat luas dalam berbagai bidang termasuk dalam bidang lingkungan atau pengolahan limbah sebagai adsorben, pendukung katalis dalam proses fotodegradasi.

Melihat potensi dan sifat-sifatnya yang melekat maka dengan menggabungkan ZnO dan hidroksiapatit dalam bentuk komposit diharapkan dapat mengatasi kelemahan ZnO sebagai fotokatalis. Komposit adalah material gabungan yang terdiri dari dua atau lebih komponen dengan sifat fisik dan kimia berbeda yang dikombinasikan untuk menghasilkan sifat baru yang unggul (Kumar *et al* 2015). Hidroksiapatit memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, stabilitas termal, dan kemampuan pertukaran ion, sementara ZnO adalah fotokatalis yang efektif dan memiliki efisiensi yang tinggi dalam degradasi fotokatalitik beberapa pewarna organik. Kombinasi keduanya dalam bentuk komposit memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya unggul dibandingkan dengan penggunaan ZnO atau hidroksiapatit secara tunggal, seperti peningkatan efisiensi fotokatalitik karena kombinasi ini memungkinkan pengangkapan cahaya UV yang lebih optimal serta memperpanjang durasi keberadaan pasangan elektron-hole, sehingga proses fotokatalitik menjadi lebih efisien. selain itu, hidroksiapatit dapat menyediakan permukaan tambahan yang memungkinkan adsorpsi lebih baik terhadap zat warna

dan senyawa organik, sehingga mempercepat proses degradasi polutan dan mengatasi kelemahan ZnO yang mudah menggumpal apabila digunakan secara langsung sebagai katalis hal ini karena hidroksiapatit berperan sebagai matriks yang mencegah penggumpalan ZnO, sehingga area permukaan ZnO tetap optimal untuk mendukung reaksi fotokatalitik.

Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari batu kapur (*limestone*) yang akan digunakan sebagai pendukung katalis ZnO untuk fotodegradasi zat warna tekstil Rhodamin B. Meskipun hidroksiapatit secara alami melimpah di alam, misalnya dapat ditemukan pada deposit mineral apatit serta limbah tulang dan gigi hewan, penggunaan sumber alami ini memiliki keterbatasan, terutama terkait kemurnian, kontrol struktur, dan morfologi material yang diperlukan untuk aplikasi tertentu. Hidroksiapatit alami umumnya mengandung berbagai impuritas yang dapat memengaruhi performanya, sehingga memerlukan proses pemurnian yang kompleks dan mahal (Akbar *et al.*, 2021). Maka salah satu solusinya adalah dengan cara sintesis hidroksiapatit yang memungkinkan untuk kontrol/pengendalian struktur, tingkat kemurnian, dan sifat spesifik material yang sulit dicapai dari sumber alami. Selain itu, sintesis hidroksiapatit diperlukan agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dan efisiensi penggunaannya dalam dalam berbagai aplikasi.

Batu kapur dipilih sebagai bahan baku dalam sintesis hidroksiapatit karena potensinya yang sangat besar di Indonesia dan selama ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Penelitian menunjukkan bahwa batu kapur mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang cukup tinggi yakni mencapai 95% dari berat keringnya (Munawaroh *et al.*, 2015). *Limestone* yang kaya akan kandungan kalsium ini dapat menjadi sumber yang menjanjikan sebagai bahan baku dalam pembuatan hidroksiapatit. Selain itu pada laporan sebelumnya, hidroksiapatit telah berhasil disintesis dengan menggunakan bahan alami seperti batu kapur (*limestone*) (Arif *et al.*, 2020; Sirait *et al.*, 2020).

Berkaitan dengan aplikasinya dalam fotokatalisis salah satu aspek penting yang diperhatikan adalah peran struktur material dalam mendukung efisiensi fotokatalis. Struktur hidroksiapatit, ZnO, dan komposit ZnO-Hidroksiapatit dipelajari karena sifat fisikokimia suatu material dapat memengaruhi performanya dalam aplikasi

fotokatalisis. Pada tahap akhir penelitian dilakukan uji toksisitas pada hasil fotodegradasi zat warna untuk mengevaluasi toksisitas hasil perombakan Rhodamin B. Proses fotokatalisis dapat menghasilkan senyawa antara yang berpotensi toksik, meskipun secara teoritis bertujuan merombak zat warna menjadi senyawa sederhana. Oleh karena itu, evaluasi toksisitas menjadi langkah penting untuk menilai keamanan aplikasi fotokatalis dalam pengolahan limbah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana karakteristik (struktur, ukuran kristal, gugus fungsi) hidroksiapatit yang disintesis dari batu kapur?
- 2) Bagaimana karakteristik (struktur, ukuran kristal, gugus fungsi) komposit ZnO-Hidroksiapatit dari batu kapur?
- 3) Bagaimana pengaruh pH, konsentrasi zat warna, massa komposit terhadap efisiensi perombakan zat warna tekstil rhodamin B secara fotodegradasi menggunakan komposit ZnO-Hidroksiapatit dari batu kapur?
- 4) Bagaimana perbandingan toksisitas larutan rhodamin B hasil fotodegradasi dengan larutan rhodamin B sebelum fotodegradasi?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis potensi katalis ZnO-Hidroksiapatit dari batu kapur sebagai fotokatalis zat warna tekstil. Adapun tujuan khususnya adalah:

- 1) Menganalisis karakteristik (gugus fungsi, struktur, ukuran partikel) hidroksiapatit yang disintesis dari batu kapur.
- 2) Menganalisis karakteristik (gugus fungsi, struktur, ukuran partikel) komposit ZnO-Hidroksiapatit dari batu kapur.
- 3) Menganalisis efisiensi perombakan zat warna tekstil rhodamin B secara fotodegradasi menggunakan komposit ZnO-Hidroksiapatit dari batu kapur.
- 4) Mengetahui perbandingan toksisitas larutan rhodamin B setelah fotodegradasi dengan larutan rhodamine B sebelum fotodegradasi.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

##### 1) Manfaat Teoritis

- Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan wawasan baru dalam pengolahan limbah dan mengatasi permasalahan lingkungan akibat limbah zat warna tekstil dengan teknik fotokatalisis menggunakan komposit Zno-Hidroksiapatit.

##### 2) Manfaat Praktis

- Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi berbiaya rendah dan mudah diaplikasikan dalam pengolahan limbah industri tekstil khususnya bagi pelaku industri skala mikro dan kecil yang jumlahnya jauh lebih banyak dibandingkan skala menengah dan besar.
- Hasil penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan menjadi *green technology* untuk mendegradasi bahan pencemar yang *low cost*, mudah diaplikasikan namun memberikan efisiensi degradasi tinggi terhadap polutan.

