

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri, khususnya industri tekstil dan agroindustri, memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi. Namun, peningkatan tersebut juga berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan, baik limbah cair maupun limbah padat. Limbah cair industri tekstil umumnya mengandung zat warna sintesis yang bersifat stabil secara kimia, sulit terdegradasi secara alami, serta berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas perairan dan kesehatan manusia (Zahro & Adityosulindro., 2023).

Zat warna reaktif merupakan salah satu jenis zat warna yang paling banyak digunakan dalam proses pewarnaan tekstil. Keberadaan zat warna reaktif dalam air dapat menyebabkan penurunan penetrasi cahaya matahari dan menghambat proses fotosintesis organisme akuatik (Zahro & Aditsulindro., 2023). Salah satu zat warna reaktif yang sering ditemukan dalam limbah tekstil adalah *remazol yellow*. Zat warna ini tergolong sulit diuraikan secara biologis dan bersifat persisten di lingkungan perairan. Akumulasi *remazol yellow* dalam air limbah dapat menurunkan kadar oksigen terlarut serta berpotensi menimbulkan efek toksik terhadap organisme air (Amillia et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan limbah yang efektif untuk menurunkan konsentrasi zat warna tersebut sebelum dibuang ke lingkungan.

Salah satu uji dikembangkan adalah pembentukan material komposit antara silika secara adsorpsi yang digabungkan dengan katalis untuk proses fotodegradasi. Fotokatalisis menggunakan TiO_2 banyak diteliti karena memiliki stabilitas kimia tinggi, tidak beracun, murah, serta memiliki aktivitas oksidasi kuat. Ketika disinari cahaya dengan energi sesuai celah pita energinya, TiO_2 menghasilkan pasangan *electron-hole* yang bereaksi dengan air dan oksigen membentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) dan radikal superoksida ($\text{O}_2\bullet^-$). Radikal ini memiliki potensial oksidasi sangat tinggi sehingga mampu memutus ikatan azo pada zat warna dan mendegradasinya menjadi CO_2 dan H_2O (Adnan & Faradilla., 2024).

Namun penggunaan TiO_2 murni memiliki keterbatasan berupa luas permukaan efektif rendah dan kecenderungan aglomerasi partikel sehingga menurunkan efisiensi fotokatalitik. Untuk mengatasi hal tersebut, TiO_2 dapat didispersikan pada material pendukung berpori seperti silika. Silika mampu meningkatkan luas permukaan, memperbaiki distribusi partikel TiO_2 , serta meningkatkan adsorpsi awal polutan sehingga mempercepat reaksi fotodegradasi (Rosales & Equivel., 2020). Kombinasi adsorpsi oleh silika dan degradasi oleh TiO_2 menghasilkan efek sinergis yang meningkatkan efisiensi pengolahan zat warna.

Abu boiler pabrik gula diketahui mengandung silika dalam jumlah yang relatif tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber silika alternatif. Beberapa penelitian menyatakan bahwa silika hasil ekstraksi dari abu ampas tebu memiliki karakteristik fisik dan kimia yang sesuai untuk aplikasi adsorpsi (Keawkumay et al., 2025). Selain itu, pemanfaatan limbah padat industri sebagai sumber silika menjadi pendekatan ramah lingkungan dalam sintesis material fungsional.

Abu boiler biomassa diketahui mengandung silika amorf dalam jumlah besar sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan komposit fotokatalis. Penggunaan abu boiler tidak hanya mengurangi limbah industri tetapi juga menurunkan biaya produksi material serta mendukung konsep ekonomi sirkular seiring dengan berkembangnya inovasi katalis yang ramah lingkungan (September et al., 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan fotokatalis komposit silika $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ berbasis abu boiler untuk mendegradasi zat warna *remazol yellow*. Diharapkan material komposit yang dihasilkan mampu menggabungkan kemampuan adsorpsi silika dan aktivitas oksidasi TiO_2 sehingga meningkatkan efisiensi pengolahan limbah tekstil secara ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses sintesis silika dari abu boiler pabrik gula Glenmore sehingga diperoleh silika dengan karakteristik yang sesuai untuk diaplikasikan sebagai katalis?
2. Bagaimana proses sintesis komposit $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ yang berasal dari silika abu boiler PG Glenmore dan karakterisasinya berdasarkan hasil analisis XRD, FTIR, dan SEM – EDX?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi, waktu, dan massa komposit $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ terhadap efisiensi adsorpsi dan fotodegradasi zat warna *remazol yellow*?
4. Bagaimana karakteristik adsorpsi polutan pada material $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ yang dilihat berdasarkan model isoterm?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada sintesis dan karakterisasi komposit $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ berbasis abu boiler ampas tebu menggunakan metode sol-gel, tanpa penambahan dopan atau modifikasi lanjutan.
2. Proses fotodegradasi dilakukan terhadap zat warna *remazol yellow* dalam sistem *batch* dengan sumber cahaya UV 15 Watt, dengan parameter yang dikaji meliputi massa katalis, waktu penyinaran, dan konsentrasi awal larutan.
3. Evaluasi kinerja katalis dibatasi pada analisis penurunan konsentrasi dan efisiensi fotodegradasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis, tanpa mengkaji kinetika reaksi secara mendalam maupun identifikasi produk antara hasil degradasi.
4. Abu boiler yang digunakan dalam penelitian dibatasi pada ukuran partikel yang telah diayak menggunakan ayakan 150 mesh sebelum dilakukan proses ekstraksi dan sintesis komposit $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui metode sintesis silika dari abu boiler pabrik gula melalui proses ekstraksi dan pengendapan yang sesuai untuk menghasilkan material silika yang dapat dimanfaatkan sebagai katalis.
2. Mengkarakterisasi sifat fisik dan kimia komposit silika $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ menggunakan metode analisis FTIR, XRD dan SEM-EDX.
3. Mengetahui kemampuan degradasi komposit silika $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ terhadap zat warna *remazol yellow* dalam sistem *batch* yang diuji dengan metode UV – Vis.
4. Mengetahui karakteristik dan efektivitas adsorpsi *remazol yellow* pada komposit $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ berdasarkan pengukuran isoterm.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material katalis berbasis limbah industri, khususnya pemanfaatan abu boiler pabrik gula sebagai sumber silika.
2. Menambah wawasan mengenai pengaruh modifikasi silika dengan TiO_2 terhadap karakteristik dan kinerja fotokatalis.
3. Menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sintesis material komposit silika $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ dan aplikasinya dalam pengolahan limbah zat warna.