

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam era industri modern, peningkatan aktivitas manusia di berbagai sektor, telah menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam produksi limbah, khususnya limbah cair yang dihasilkan oleh industri tekstil (Haryono, 2021; Singh dkk., 2023). Limbah ini seringkali mengandung berbagai zat kimia yang berbahaya, salah satunya adalah zat warna yang sulit terurai, seperti *methylene blue*. Lingkungan dan kesehatan manusia sangat dirugikan oleh pewarna ini, yang sering digunakan dalam industri tekstil. *Methylene blue* dikenal karena sifatnya yang toksik, karsinogenik, dan *non-biodegradable*, yang menjadikannya ancaman serius bagi kesehatan manusia serta organisme hidup lainnya. Oleh karena itu, ketika *methylene blue* dilepaskan ke dalam sumber air alami, zat ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan pernapasan, masalah pencernaan, kebutaan, dan gangguan mental. Selain itu, keracunan *methylene blue* ditandai dengan timbulnya gejala seperti mual, diare, muntah, dan peningkatan detak jantung, yang semuanya berpotensi fatal jika terpapar dalam konsentrasi tinggi (Al-Tohamy, 2022; Sarkar Phyllis, 2022). *Methylene blue* memiliki dampak pada kehidupan akuatik dan bakteri selain pada manusia. *Methylene blue* memiliki koefisien absorpsi molar yang tinggi, yang mengakibatkan pengurangan transmisi cahaya matahari dalam air, sehingga mengganggu aktivitas fotosintesis dan menurunkan kelarutan oksigen (Sarkar Phyllis, 2022). Hal tersebut dapat

merusak keseimbangan ekosistem akuatik, mengurangi keanekaragaman hayati, dan menurunkan kualitas estetika lingkungan.

Selain dampak langsung terhadap kesehatan dan lingkungan, *methylene blue* juga menimbulkan ancaman melalui pembentukan produk sub-kimia yang berwarna intens bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah (Sarkar Phyllis, 2022). Hal tersebut memperparah kondisi perairan yang sudah terkontaminasi, menyebabkan kerusakan lebih lanjut terhadap kehidupan air dan rantai makanan. Keberadaan *methylene blue* dalam sumber air alami sangat berbahaya bagi manusia, mikroba, dan kehidupan akuatik. Oleh karena itu, perlu untuk mengeksplorasi metode yang efektif dan ekonomis untuk menghilangkan *methylene blue* dari lingkungan. Seiring berkembangnya teknologi, berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi dampak negatif dari zat warna *methylene blue* di lingkungan. Metode-metode tersebut meliputi adsorpsi, fotokatalisis, dan degradasi oksidatif (Babyszko dkk., 2022). Dari berbagai metode yang ada, adsorpsi dengan menggunakan material adsorben menjadi pilihan yang banyak diminati karena kesederhanaannya, efisiensi biaya, dan efektivitasnya dalam mengurangi konsentrasi zat warna di dalam air. Namun, pemilihan material adsorben yang tepat sangat menentukan keberhasilan proses tersebut.

Penghilangan warna dari air adalah salah satu dari banyak kegunaan SiO_2 , zat adsorben yang telah ada sejak lama. Struktur pori-pori yang luas dan luas permukaan spesifik yang besar dari SiO_2 , membuatnya menjadi adsorben yang sangat baik untuk pewarna seperti *methylene blue*. Meskipun demikian,

penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja SiO_2 dalam aplikasi penghilangan zat warna. Salah satu pendekatan yang diambil adalah dengan mengombinasikan SiO_2 dengan material lain yang memiliki sifat fotokatalitik, seperti titanium dioksida (TiO_2). Sifat fotokatalitik titanium dioksida (TiO_2) yang kuat telah dikenal luas, terutama yang berkaitan dengan pemecahan molekul organik yang di bawah paparan sinar UV. Kombinasi antara SiO_2 dan TiO_2 diharapkan dapat menghasilkan material komposit dengan sifat adsorpsi dan fotokatalisis yang unggul. Karena SiO_2 mampu meningkatkan luas permukaan komposit dan berperan dalam menurunkan ukuran partikel, diharapkan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ tidak hanya menyerap *methylene blue*, tetapi juga melalui proses fotokatalitik untuk mengubahnya menjadi bahan kimia yang lebih aman dan sederhana (Mahanta dkk., 2022).

Salah satu inovasi yang ditawarkan dalam penelitian ini ialah penggunaan abu ampas tebu sebagai sumber silika untuk pembuatan SiO_2 . Pabrik gula menghasilkan ampas tebu dalam jumlah besar, yang merupakan limbah padat. Industri penggilingan tebu menghasilkan 35-40% ampas tebu dan Indonesia, salah satu negara berpotensi besar dalam menghasilkan ampas tebu. Pertimbangan jumlah ampas tebu yang besar dan kandungan silika menyebabkan pengembangan prosedur baru untuk pemanfaatan kembali secara produktif seperti penggunaan sebagai sumber silika. Dalam beberapa dekade terakhir, banyak upaya dilakukan untuk mengeksplorasi aplikasi potensial lainnya seperti adsorben, pupuk dan campuran semen. Dengan

demikian, penumpukan limbah dan pencemaran lingkungan dapat dihindari (Sriatun, 2018).

Karena titanium dioksida (TiO_2) secara efektif mengurai molekul organik, titanium dioksida adalah bahan semikonduktor yang paling banyak digunakan. Namun, untuk memperbaiki efisiensi dan kinerja TiO_2 dalam fotodegradasi, penggabungan dengan SiO_2 menjadi komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ telah diusulkan untuk meningkatkan efektivitas degradasi *methylene blue*. Abu ampas tebu memiliki kandungan silika yang tinggi, yang dapat diekstraksi dan diolah menjadi SiO_2 . Ketika SiO_2 tersebut dikombinasikan dengan TiO_2 , material komposit yang dihasilkan diharapkan memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan SiO_2 atau TiO_2 murni dalam penghilangan *methylene blue* dari air limbah (Chindaprasirt, 2020; Janczarek, 2022).

Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik, Babyszko, dkk (2022) memperlakukan *fumed silica* yang diberi perlakuan titanium dioksida (TiO_2) menggunakan teknik sol-gel dan kalsinasi dalam lingkungan gas argon. Sehingga, terdapat perbedaan dengan penelitian ini, yaitu penggunaan *fumed silica*, dimana material ini lebih mahal dan kurang ramah lingkungan. Sedangkan, penelitian Furozi (2022) dan Gusmao (2022), keduanya tidak membandingkan kemampuan fotodegradasi SiO_2 dengan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan efektivitas pewarna *methylene blue* terdegradasi oleh komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ yang dibandingkan dengan SiO_2 dari abu ampas tebu.

Diharapkan bahwa temuan dari penelitian ini akan memberikan kontribusi yang besar dalam pengembangan teknik yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk mengelola limbah tekstil. Dengan mengeksplorasi potensi penggunaan abu ampas tebu sebagai sumber silika untuk pembuatan SiO_2 dan pengembangan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, penelitian ini menawarkan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah pertanian dan industri. Material komposit ini dirancang untuk mengurangi jumlah *methylene blue* dalam limbah dengan mengubahnya secara fotokatalitik menjadi bahan kimia yang tidak berbahaya. Seiring dengan prospek baru untuk meningkatkan nilai ekonomi limbah pertanian, khususnya abu ampas tebu, penelitian ini juga mendorong kemajuan teknologi dalam pengolahan limbah untuk penggunaan sumber daya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga memperkuat upaya pengendalian pencemaran di masa depan.

I.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh SiO_2 dan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ berbasis abu ampas tebu menggunakan metode sol-gel.
2. Menentukan karakteristik SiO_2 dan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ yang dihasilkan.
3. Menentukan kemampuan fotokatalitik komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ terhadap degradasi zat warna *methylene blue* dengan variasi waktu.