

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Air dapat tercemar oleh logam berat, zat radioaktif, sampah, zat warna serta pengotor lain. Zat warna adalah salah satu pencemar yang memiliki efek buruk bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Konsumsi air dengan kandungan zat warna dalam jangka waktu panjang bagi manusia dapat mengakibatkan iritasi, kanker, gangguan pencernaan dan reproduksi, gangguan pada saraf, hati, dan ginjal bahkan menyebabkan kematian (Lellis dkk., 2019).

Dalam industri tekstil, sekitar 200.000 ton pewarna dilepaskan ke lingkungan setiap tahunnya yang berasal dari proses pencelupan kain dan proses *finishing*. Secara umum, industri tekstil menggunakan lebih banyak pewarna sintetis karena zat warna sintetis bersifat stabil, memiliki banyak pilihan warna, mudah didapat dan praktis (Chequer dkk., 2013). Penggunaan zat warna sintetis ini mendorong terciptanya limbah yang berbahaya bagi lingkungan.

Crystal Violet adalah pewarna sintetis yang termasuk dalam kelompok pewarna triarilmetana kationik, yang digunakan dalam pembuatan tinta lukis dan cetak serta pencelupan kain dalam industri tekstil. Selain itu, zat warna ini biasanya digunakan dalam kedokteran hewan obat sebagai agen bakteriostatik yaitu penghambat pertumbuhan jamur dan parasit dalam akuakultur dan pakan unggas (Arora dkk., 2019). *Crystal violet* merupakan salah satu pewarna yang paling banyak tersebar di dunia dan merupakan zat yang paling sulit terdegradasi yang bertahan lama di tanah dan perairan (Rosales dkk., 2018). *Crystal violet* yang

terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan iritasi kulit dan sistem pencernaan, kerusakan mata permanen, kanker, gagal ginjal serta kerusakan sistem pernafasan (Oliveira dan Sant'Ana, 2024). Banyaknya dampak negatif yang ada pada saat konsumsi air yang mengandung zat warna *crystal violet* sehingga diperlukan suatu metode untuk mengurangnya di perairan. Ada banyak metode yang digunakan untuk pengolahan air seperti adsorpsi, koagulasi, proses membran, oksidasi-ozonisasi, fotokatalitik serta banyak metode lain (Winatapura dan Yusuf, 2018).

Fotokatalitik merupakan metode yang sering digunakan dalam degradasi zat warna karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya efisiensi yang tinggi, ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah lain, serta spesifik dalam proses degradasinya (Khan dkk., 2024). Mekanisme fotokatalitik bergantung pada struktur listrik semikonduktor. Fotokatalitik dengan material berbahan organik merupakan sumber cahaya dengan energi yang mampu menyebabkan eksitasi elektron pita valensi dari semikonduktor fotokatalitik menjadi pita konduksi. Hal ini menyebabkan terbentuknya pasangan *electron-hole*, di mana *hole* bereaksi dengan molekul air dan menghasilkan OH radikal sehingga polutan yang teradsorpsi di permukaan katalis kemudian akan dioksidasi oleh radikal yang ada (Aly dkk., 2018). Proses ini mengubah polutan organik menjadi H₂O dan CO₂ tanpa menghasilkan produk lain yang berbahaya.

Beberapa bahan yang biasa digunakan dalam proses fotokatalitik diantaranya *zinc oxide* (ZnO), *cadmium sulfide* (CdS), *graphene oxide* (GO), *bismuth oxyhalides* (BiOX), *copper oxide* (CuO), dan *titanium dioxide* (TiO₂). TiO₂ merupakan bahan semi konduktor yang umum digunakan sebagai material

fotokatalitik karena beberapa kelebihan diantaranya murah dan melimpah, memiliki stabilitas kimia yang baik sehingga dapat digunakan dalam jangka panjang, daya pengoksidasi yang kuat (Eidvag dkk., 2021), serta dapat dimodifikasi sehingga meningkatkan efisiensi fotokatalitik melalui doping dengan material logam atau non-logam yang mengurangi rekombinasi *electron-hole* dan memperluas spektrum serapannya ke dalam rentang cahaya tampak (Dharma dkk., 2022).

Peningkatan aktivitas fotokatalitik dapat dilakukan dengan modifikasi titanium dioksida (TiO_2) menggunakan senyawa logam, non-logam, atau oksida (Daghrir dkk., 2018). Penambahan silika dioksida (SiO_2) dapat meningkatkan permukaan material fotokatalis serta kemampuan adsorpsi polutan pada perairan (Pal dkk., 2016). Selain itu, SiO_2 menunjukkan potensi sebagai material fotokatalitik apabila dimodifikasi dengan material semi konduktor. SiO_2 juga dapat menghambat pertumbuhan koloid TiO_2 , yang berkaitan dengan stabilisasi material dalam proses sol. Penambahan SiO_2 dapat meningkatkan luas permukaan dan menambah situs aktif yang ada sehingga meningkatkan kinerja (Sun dkk., 2019).

Campuran $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ memiliki aktivitas fotokatalitik yang lebih baik daripada TiO_2 murni karena adanya aktivitas adsorpsi pada permukaan silika (Momeni dkk., 2017). $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ dapat mendegradasi zat warna *methylene blue* sebesar 14,3% (Babyszko dkk., 2022), kemudian dalam riset lain disebutkan bahwa komposit ini dapat mendegradasi zat warna serupa hingga 96,91% setelah 2 jam reaksi yang hasilnya lebih baik daripada TiO_2 murni dengan persentase degradasi sebesar 88,62% (Thongpool dkk., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa campuran $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ dapat meningkatkan efisiensi fotokatalitik.

Metode pembuatan $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ telah dijelaskan dalam beberapa literatur sebelumnya. Prekursor silika yang paling umum digunakan adalah *tetraethoxysilane* (TEOS) dan *tetramethoxysilane* (TMOS). Sedangkan, untuk prekursor TiO_2 digunakan *Titanium (IV) isopropoxide* (TTIP). Penggunaan TEOS sebagai prekursor silika menghasilkan material dengan luas permukaan spesifik dan volume pori yang lebih besar sehingga mampu meningkatkan efisiensi fotokatalitik. Selain itu, penambahan silika dapat memperlambat perubahan fase anatase ke rutil (Fatimah, 2017). Metode yang umum digunakan adalah sol gel, bahan berbasis oksida disintesis menggunakan prekursor yang dapat dihidrolisis. Tahapan metode ini meliputi hidrolisis, kondensasi, polikondensasi, gelasi, dan pengeringan atau kalsinasi (Fatimah, 2017). Di mana terjadi pembentukan sol antara prekursor SiO_2 dan TiO_2 dilanjutkan dengan gelasi selama beberapa hari dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu tinggi.

Dalam penelitian ini, dilakukan sintesis komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ menggunakan metode sol gel dan dihasilkan material berupa serbuk berwarna putih yaitu dengan tiga perbandingan molar $\text{TiO}_2:\text{SiO}_2$ (2:1; 1:2; 1:1) . Kemudian dilakukan aplikasi fotokatalitik untuk dimanfaatkan sebagai fotodegradasi zat warna *crsytal violet* menggunakan sinar UV dengan perbandingan waktu kontak dan penggunaan kembali serta hasil fotodegradasi dari $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ berupa senyawa yang sederhana dan tidak bersifat racun sehingga dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang terdapat di perairan.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh SiO_2 , TiO_2 dan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ dengan perbandingan (2:1); (1:2) dan (1:1).
2. Menentukan karakter SiO_2 , TiO_2 dan komposit hasil sintesis.
3. Menentukan kemampuan fotokatalitik komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ terhadap zat warna *crystal violet* dengan variasi waktu.
4. Menentukan stabilitas fotokatalitik komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ terhadap zat warna *crystal violet* setelah digunakan sebanyak tiga kali.