

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki beban air limbah industri tinggi dibandingkan negara Asia Tenggara lainnya, sebanyak 29% beban air limbah bersumber pada industri tekstil. Salah satu proses dalam industri tekstil adalah pemberian warna dan pencelupan serat kain, dimana bahan warna yang digunakan cukup pekat agar tidak mudah luntur. Sebanyak 10-15% pewarna tekstil dalam pewarnaan akan dibuang bersama air limbah (Sihombing, 2020). Air limbah sendiri merupakan campuran limbah rumah tangga, instansi perusahaan, pertokoan, air permukaan, air hujan, dan air tanah (Lolo dkk, 2020). Pembuangan air limbah yang tidak tepat pada perairan mengakibatkan zat pewarna bersama polusi organik lainnya mencegah penetrasi sinar matahari ke lapisan lebih dalam, mengganggu aktivitas fotosintesis lingkungan, mengurangi oksigen terlarut, serta dapat berpengaruh toksik pada flora serta fauna perairan (Leal dkk, 2021).

*Remazol Black B* merupakan salah satu zat warna golongan azo yang banyak dimanfaatkan dalam industri. Sebanyak 15-50% dari zat warna ini terbuang saat proses pewarnaan sehingga larut bersama air limbah yang dapat menyebabkan kerusakan pada mikrobiologi tanah. Zat warna azo juga dapat terdekomposisi menjadi amina aromatik pemicu karsinogenik pada kondisi anaerobik (Lellis dkk, 2019).

Beberapa metode telah dikembangkan dalam penanganan air limbah, seperti koagulasi kimia (Bahrodin dkk, 2021), pengolahan air limbah secara biologis (Nguyen dkk, 2021), adsorpsi (Rashid dkk, 2021), pertukaran ion (Swanckaert dkk, 2022), elektro-koagulasi (Shahedi dkk, 2020), elektrokimia-oksidasi (Qiao dkk, 2021), dan fotokatalisis (Nasir dkk, 2020). Metode koagulasi kimia cenderung tidak efisien karena menghasilkan volume lumpur yang tinggi. Pengolahan air limbah secara biologis cenderung lebih murah tetapi kurang efektif dikarenakan sifat toksik pada pewarna dapat membunuh mikroba (Suhan dkk, 2020). Adsorpsi, pertukaran ion, elektro-koagulasi, serta elektrokimia-oksidasi memiliki kelemahan pada biaya yang relatif mahal, tidak efektif terhadap semua jenis polutan organik, dan adanya ketentuan pH (Ali dkk, 2016).

Fotokatalisis merupakan metode dimana zat yang menyerap cahaya akan tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi dan memberikan energi tereksitasinya kepada zat lain untuk melakukan reaksi kimia tanpa terkonsumsi, sehingga merupakan metode efektif menggunakan cahaya matahari sebagai energi terbarukan (Das dkk, 2021). Kelebihan lain metode ini adalah tidak memerlukan pengolahan lebih lanjut pada hasil degradasinya (Annisaputri dkk, 2020).

Fotokatalis umumnya menggunakan material semikonduktor berupa ZnO, ZnS, CdO, TiO<sub>2</sub>, serta lainnya. Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) merupakan semikonduktor yang sering digunakan secara luas pada fotokatalis, karena sifatnya yang stabil, tidak beracun, harganya yang relatif murah, serta ramah terhadap lingkungan (Chen dkk, 2020). Namun, TiO<sub>2</sub> memiliki kelemahan dimana pasangan elektron/lubang yang dihasilkan cenderung bergabung kembali (Gopinath dkk, 2020). Selain itu,

afinitas  $\text{TiO}_2$  rendah sehingga mengakibatkan rendahnya penyerapan pada kontaminan organik dipermukaan  $\text{TiO}_2$  (Lee dkk, 2018). Partikel  $\text{TiO}_2$  juga dapat mengalami agregasi selama fotokatalis berjalan yang akan menghambat penyerapan cahaya (Cervantes-Avilés dkk, 2022). Efisiensi fotokatalik  $\text{TiO}_2$  juga terbatas pada celah pita besar ( $>3,2$  eV) sehingga menghambat penyerapan sinar matahari dalam fotodegradasi mengakibatkan penurunan kinerja fotokataliknya (Ge dkk, 2021).

Berbagai metode telah dilakukan untuk meningkatkan aktivitas fotokataliknya, seperti co-doping (Thambiliyagodage dkk, 2022), dan doping logam maupun non-logam (Piątkowska dkk, 2021). Doping non-logam menawarkan keunggulan karena selain menurunkan *band gap* juga dilaporkan meningkatkan konduktivitas dari  $\text{TiO}_2$ . Salah satu doping non-logam yang banyak dilakukan adalah menggunakan nitrogen karena memiliki ukuran atom yang mirip dengan oksigen, energi ionisasi rendah, elektronegatifitas tinggi, lebih murah serta dapat meningkatkan stabilitas termal  $\text{TiO}_2$  (Natarajan dkk, 2021). *Hydrothermal* merupakan salah satu metode sintesis N- $\text{TiO}_2$ . Keunggulan metode ini ekonomis, dapat mengontrol ukuran partikel serta energi dan komposisi material (Hulupi dkk, 2022).

Olivera (Oliveira dkk, 2022) melaporkan penggunaan GO dapat menurunkan agregasi  $\text{TiO}_2$ . GO merupakan lembaran karbon hibridisasi  $\text{sp}^2$  berbentuk seperti sarang lebah, dengan luas permukaan dan volume pori yang tinggi (Daraee dkk, 2020). GO memiliki cacat pada kisinya dan kandungan gugus fungsi oksigen (karboksil, hidroksil, karbonil, serta epoksi) sehingga dapat dilakukan modifikasi salah satunya adalah doping heteroatom (Yokwana dkk, 2023). Heteroatom seperti

N (0,56 Å) dinilai paling baik karena kemiripan ukuran atom dengan C (0,67 Å). Doping N ini mengurangi gangguan struktural dan elektronik GO, serta secara signifikan meningkatkan situs aktif pada kerangka GO. Sehingga, terbentuk modifikasi pada permukaan, struktur, serta sifat elektronik GO (Bie dkk, 2021).

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis GO, N-TiO<sub>2</sub>, N-GO, dan komposit N-TiO<sub>2</sub>/N-GO secara *hydrothermal in situ* dan menguji efektivitasnya dalam proses fotodegradasi RBB.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan sintesis dan karakterisasi N-TiO<sub>2</sub>, N-GO, dan N-TiO<sub>2</sub>/N-GO secara *in situ* secara *hydrothermal* serta grafena oksida melalui metode Hummers termodifikasi.
2. Melakukan pengujian efektivitas serbuk N-TiO<sub>2</sub>, N-GO, dan N-TiO<sub>2</sub>/N-GO dalam fotokatalitik zat warna *Remazol Black B* (RBB).