

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kontaminasi air limbah yang berasal dari aktivitas antropogenik dalam beberapa tahun terakhir telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia dan keanekaragaman ekosistem (Zarandona dkk., 2024). Polutan organik berbahaya dan sulit diatasi ditemukan dalam air limbah dari industri seperti kertas dan pulp, kimia, petrokimia, pewarnaan, dll. dapat membahayakan lingkungan. Zat polutan yang berbahaya banyak digunakan dalam industri cat, pernis, tekstil, plastik, tinta, dan kosmetik. Beberapa pewarna ini sangat beracun dan menimbulkan risiko serius bagi ekosistem (Sahoo dkk., 2023). Setiap tahunnya, lebih dari 175.000 ton pewarna organik dilepaskan ke sumber air (Radić dkk., 2024). Dengan demikian, pencemaran air menjadi hal yang mengkhawatirkan bagi masyarakat. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan teknologi yang mampu mengatasi permasalahan polutan organik.

Pengolahan limbah organik akibat aktivitas antropogenik menjadi permasalahan yang sulit diselesaikan karena polutan organik memiliki kandungan senyawa yang sulit terurai. Akibatnya, fokus untuk utama penguraian limbah pewarna menuju ke metode fotokatalis, yang terbukti sebagai metode non-toksik dengan laju degradasi pewarna dengan selang waktu yang cepat (Kahn dkk., 2017). Salah satu penelitian efektif yang telah dilakukan untuk proses fotokatalis adalah menggunakan material nanopartikel dengan bahan semikonduktor. Nanopartikel berperan aktif dalam pengolahan air limbah berkat sifat – sifat uniknya, seperti luas permukaan yang tinggi, kebutuhan konsentrasi yang rendah, serta efisiensi yang sangat tinggi. Aplikasi utama nanopartikel mencakup berbagai proses pengolahan polutan, termasuk eliminasi logam berat, degradasi senyawa organik, inaktivasi patogen, pendegradasi limbah pewarna, serta penguraian polutan baru yang kompleks (Afzal dkk., 2024).

Di antara material fotokatalis semikonduktor, TiO_2 dalam bentuk nanopartikel menawarkan keunggulan yang memungkinkan untuk mendegradasi polutan

organik (Kanan dkk., 2019; Yue dkk., 2020; Miu dkk., 2021). Namun, performa degradasi dengan menggunakan nanopartikel TiO_2 masih terbilang rendah yang disebabkan tingginya *band gap* yang dimiliki. Sehingga, diperlukan solusi untuk menurunkan nilai *band gap* dari TiO_2 untuk meningkatkan efektifitas fotokatalitiknya (Chatnoor dkk., 2023; Mugudan dkk., 2022; Lu Chung-Ming dkk., 2022). Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan nilai *band gap* adalah dengan menggunakan metode modifikasi logam lain ke dalam kisi kristal TiO_2 . Baru-baru ini, berbagai peneliti telah meneliti pengaruh modifikasi logam pada TiO_2 untuk memperluas kemampuan penyerapan cahaya dari spektrum UV ke spektrum cahaya tampak. Penambahan logam seperti Fe, Co, Ni, Ag, Cu dan beberapa logam lainnya ke dalam kisi kristal TiO_2 telah terbukti meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya dengan menurunkan energi celah pita (*band gap*) TiO_2 , sehingga meningkatkan efisiensi dalam aplikasi fotokatalis (Chatnoor dkk., 2023; Anju dkk., 2018; Aravind dkk., 2023; Bibi dkk., 2023). Dalam penelitian lain dilakukan penambahan nanopartikel Mo dalam bentuk komposit yang mampu meningkatkan efisiensi dalam aplikasi degradasi metilen biru dalam rentang sebesar 52 – 95% dengan metode ablasi laser *femtosecond*. Dalam penelitian tersebut dibuktikan bahwa penambahan logam Mo dalam bentuk komposit mampu untuk mengurangi kekurangan yang dimiliki oleh nanopartikel TiO_2 sebagai material fotokatalis (Kahn dkk., 2017).

Proses produksi nanopartikel dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama yakni *top-down* dan *bottom-up* (Biswas dkk., 2024). Pada proses *bottom-up* pendekatan kimia merupakan metode yang paling umum digunakan. Namun, karena proses pembuatan nanopartikel dengan menggunakan pendekatan kimia menggunakan reagen atau campuran lain, kemurnian nanopartikel yang dimiliki rendah. Berbeda dengan pendekatan kimia, metode *top-down* dengan pendekatan fisika mampu menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian yang lebih tinggi (Bilal dkk., 2019; Wahyudiono dkk., 2020). Ablasi laser pulsa merupakan salah satu teknik fisika yang unggul untuk sintesis nanopartikel, yang dapat dilakukan dalam gas, vakum, maupun media cair (Biswas dkk., 2024). Dalam penelitian ini,

akan dilakukan sintesis nanopartikel TiO_2 dan TiO_2/Mo dalam medium akuades dengan menggunakan metode ablasi laser pulsa menggunakan laser Nd:YAG yang hasilnya digunakan sebagai material untuk mendegradasi zat pewarna metilen biru. Hasil penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui efektivitas nanopartikel TiO_2 murni dengan TiO_2 termodifikasi Mo sebagai material fotokatalis. Kemudian, hasil penelitian yang dilakukan akan melalui tahapan karakterisasi untuk mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel logam Mo terhadap karakteristik nanopartikel TiO_2 murni yang dihasilkan dan degradasi yang terjadi terhadap senyawa metilen biru.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan sintesis nanopartikel TiO_2 dan TiO_2/Mo menggunakan metode ablasi laser pulsa dengan medium akuades.
2. Melakukan karakterisasi nanopartikel TiO_2 dan TiO_2/Mo yang meliputi UV-Vis dan FESEM.
3. Menganalisis efektivitas proses fotodegradasi nanopartikel TiO_2 dan TiO_2/Mo terhadap metilen biru.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Mampu menghasilkan koloid nanopartikel TiO_2 dan TiO_2/Mo dengan kemurnian tinggi dengan menggunakan metode ablasi laser pulsa yang dapat digunakan sebagai material alternatif untuk fotokatalis.
2. Mengetahui hasil karakterisasi nanopartikel TiO_2 dan TiO_2/Mo meliputi serapan dan morfologinya.
3. Hasil sintesis yang dilakukan mampu untuk menjadi referensi tambahan bagi penelitian selanjutnya khususnya dalam bidang fotokatalis yang meneliti efektivitas material fotodegradasi metilen biru.