

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang, Indonesia sudah mulai menunjukkan pertumbuhan ekonomi yang tinggi, salah satunya di sektor industri¹. Pesatnya perkembangan industri memberikan dampak negatif ke lingkungan seperti banyaknya limbah berbahaya yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu². Limbah logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg)³ dan kromium (Cr), sebagian besar dihasilkan oleh industri⁴. Tingginya tingkat keracunan di segala aspek kehidupan makhluk hidup menyebabkan pencemaran logam berat di lingkungan. Ion logam berat dapat berdampak langsung bahkan dalam jumlah yang rendah hingga terakumulasi dalam rantai makanan. Logam berat dapat mengganggu kehidupan biota dalam lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia³.

Menurut *World Health Organization* (WHO), limbah kromium (VI) merupakan salah satu polutan yang bersifat karsinogenik terhadap manusia³. Cr(VI) sebagian besar dihasilkan dari aktifitas industri seperti metalurgi, industri kulit, industri *electroplating*, dan industri kayu. Kondisi ini harus segera diatasi, salah satu caranya yaitu mengubah Cr(VI) menjadi Cr(III) sehingga tingkat racun menjadi lebih rendah⁵. Beberapa metode yang digunakan untuk mengubah Cr(VI) menjadi Cr(III) antara lain adalah reduksi kimia, *ion exchange*, adsorpsi dengan batu bara atau karbon aktif dan reduksi dengan bantuan bakteri. Akan tetapi, metode tersebut membutuhkan banyak bahan kimia dan energi yang tinggi sehingga diperlukan metode yang lebih efisien dalam penanganannya⁶.

Fotokatalitik merupakan salah satu metode yang efektif, tidak beracun, ekonomis, dan mudah dalam mengubah Cr(VI) menjadi Cr(III). Proses fotokatalitik membutuhkan katalis dalam penerapannya. Adapun katalis semikonduktor yang dapat digunakan diantaranya TiO₂, ZnO, ZnS, ZrO₂, CdS dan WO₃. Karena sifat elektronik, kualitas optik, aktifitas fotokatalitiknya yang tinggi, biaya rendah dan tidak beracun, TiO₂ dianggap sebagai katalis semikonduktor yang paling ideal dalam pengaplikasiannya⁷. Akan tetapi, TiO₂ murni dengan fasa *anatase* memiliki nilai *band gap* sebesar 3,2 eV yang menyebabkan kemampuan kerjanya yang terbatas hanya di bawah sinar UV. Beberapa upaya telah dilakukan untuk memperluas kemampuan kerja TiO₂ ke daerah sinar tampak, yaitu melalui doping logam, doping non-logam, dan sensitisasi. Hasil penelitian oleh Li *et al* (2020) menunjukkan bahwa nitrogen merupakan dopan yang paling efektif digunakan karena dapat meningkatkan

penyerapan pada sinar tampak tanpa mengurangi kemampuan penyerapannya pada sinar UV serta dapat memodifikasi struktur elektronik TiO_2 dengan membentuk pita baru (orbital N 2p) di atas pita valensi (orbital O 2p)^{8,9}. Selain itu, upaya peningkatan aktivitas fotokatalitik juga dapat dilakukan dengan memperluas permukaan fotokatalis dengan pembentukan pori¹⁰.

Sintesis nanopartikel TiO_2 dilakukan dengan metode kimia maupun fisika seperti solvotermal, sol-gel, hidrotermal, sonokimia, *microwave*, dan iradiasi ultrasonik. Namun, metode ini membutuhkan energi tinggi dan tekanan tinggi, biaya yang mahal, serta proses kimia yang melibatkan zat pereduksi dan penstabil yang menghasilkan produk sampingan yang tidak ramah lingkungan¹¹. Oleh karena itu, digunakan metode biosintesis nanopartikel karena ramah lingkungan, peralatan dan teknik sederhana, tanpa menggunakan suhu serta tekanan tinggi¹².

Fitokimia tanaman seperti alkaloid, asam amino, enzim, fenolik, protein, polisakarida, saponin, terpenoid, dan vitamin berpotensi sebagai zat penstabil dalam sintesis nanopartikel¹³. Tanaman obat *Aloe vera* (L.) Burm. f. dipilih sebagai zat pereduksi dan penstabil dalam biosintesis N-doped TiO_2 karena mengandung senyawa metabolit sekunder seperti saponin, flavonoid, dan tanin yang berperan sebagai *biogenic capping agent*. Gugus fungsi hidroksil (-OH) dan karbonil (C=O) yang terdapat pada senyawa flavonoid dan tanin dapat mengikat logam. Gugus fungsi ini bertindak sebagai donor elektron ke Ti^{4+} untuk membentuk nanopartikel Ti yang bermuatan netral sehingga memungkinkan antar atom Ti saling berinteraksi melalui ikatan logam membentuk *cluster* dengan ukuran nano dan sebagai zat stabilisasi agar tidak terjadi aglomerasi¹⁴.

Pendopingan TiO_2 dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain hidrotermal, sol-gel, dan solvotermal¹⁵. Metode hidrotermal dipilih karena relatif sederhana dan memiliki beberapa keunggulan, seperti menggunakan pelarut air, kemampuan menghasilkan kristal yang homogen pada suhu rendah, kemampuan mengurangi aglomerasi partikel, menghasilkan distribusi ukuran partikel yang relatif seragam, dan menghasilkan kemurnian produk yang tinggi¹⁶.

Pengaplikasian N-doped TiO_2 dengan kristalinitas dan luas permukaan spesifik yang tinggi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi fotokatalitik. Salah satu cara mengembangkan material dengan luas permukaan yang tinggi adalah menambahkan zat pembentuk pori pada sintesis material¹⁷. Pada penelitian sebelumnya oleh Wellia *et al* (2022) menggunakan PEG sebagai *template* organik dalam sintesis N-doped TiO_2 berpori. Akan tetapi dengan adanya penambahan PEG melebihi jumlah optimal

menyebabkan terjadinya penurunan luas permukaan spesifik dengan menyusutnya jaringan pori⁹. Selanjutnya penelitian oleh Pertiwi (2019) digunakan H_3PO_4 sebagai zat pembentuk pori, namun, didapatkan hasil bahwa dengan meningkatnya konsentrasi H_3PO_4 akan mempengaruhi derajat kristalinitasnya menjadi bentuk amorf sehingga mengganggu pertumbuhan dari *N-doped* TiO_2 berpori¹⁸. Selain itu, sintesis *N-doped* TiO_2 berpori dengan menggunakan CTAB sebagai zat pembentuk pori yang dilakukan oleh Toe *et al* (2018) menghasilkan material berpori dengan luas permukaan spesifik yang tinggi, seragam, dan homogen sehingga material berpori ini dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik¹⁷. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan CTAB sebagai zat pembentuk pori pada sintesis *N-doped* TiO_2 berpori dan pemanfaatan ekstrak kulit *Aloe Vera* (L.) Burm.f. sebagai *capping agent* alami dengan menggunakan kombinasi metoda biosintesis dan hidrotermal. *N-doped* TiO_2 berpori yang dihasilkan diaplikasikan dalam mereduksi ion logam Cr(VI).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan bahwa:

1. Bagaimana pengaruh penambahan CTAB pada *Green Synthesis* *N-doped* TiO_2 berpori yang dihasilkan?
2. Berapakah konsentrasi optimum dopan nitrogen dalam sintesis *N-doped* TiO_2 berpori?
3. Bagaimana aktivitas fotokatalitik sampel *N-doped* TiO_2 berpori dalam mereduksi ion logam berat Cr(VI)?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari pengaruh penambahan CTAB pada *Green Synthesis* *N-doped* TiO_2 berpori yang dihasilkan.
2. Menentukan konsentrasi optimum dopan nitrogen dalam sintesis *N-doped* TiO_2 berpori.
3. Mempelajari aktivitas fotokatalitik sampel *N-doped* TiO_2 berpori dalam mereduksi ion logam berat Cr(VI).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai peningkatan efisiensi fotokatalitik melalui modifikasi permukaan *N-doped* TiO₂ menggunakan CTAB sebagai zat pembentuk pori dalam aplikasinya untuk mereduksi model polutan ion logam berat Cr(VI). Hal ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengatasi polutan ion logam berat Cr(VI) yang berbahaya bagi lingkungan.

