

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan zat pewarna alami dalam berbagai industri secara bertahap telah tergantikan oleh zat pewarna sintetis. Hal ini dikarenakan zat pewarna sintetis lebih mudah diperoleh, praktis, dan tersedia dalam berbagai pilihan warna. Salah satu zat pewarna sintetis yang banyak digunakan adalah metilen biru, yang memiliki intensitas warna tinggi dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri<sup>1</sup>. Namun, penggunaan metilen biru yang semakin luas dapat menghasilkan limbah cair yang mengandung zat warna, senyawa organik, padatan tersuspensi, dan logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan. Selain menyebabkan pencemaran air, metilen biru juga bersifat toksik terhadap organisme akuatik, berpotensi mengalami bioakumulasi, serta potensi risiko bagi kesehatan manusia<sup>2</sup>. Metilen biru banyak dipilih sebagai model polutan dalam penelitian fotokatalisis karena memiliki struktur aromatik heterosiklik yang stabil sehingga relatif sulit mengalami degradasi secara alami. Metilen biru juga memiliki puncak serapan maksimum pada panjang gelombang sekitar 664 nm, sehingga perubahan konsentrasinya selama proses degradasi dapat dipantau secara akurat menggunakan spektrofotometri UV-Vis<sup>2</sup>.

Fotokatalisis merupakan teknologi yang menjanjikan untuk pemurnian udara dan air yang didasarkan pada pasangan lubang elektron dibawah penyinaran cahaya<sup>3</sup>. Prinsip reaksi fotokatalitik adalah pembentukan pasangan elektron-*hole* pada permukaan ketika terpapar cahaya dengan intensitas lebih tinggi dari energi celah pita<sup>4</sup>. Berbagai material semikonduktor telah dikembangkan sebagai fotokatalis untuk degradasi metilen biru, seperti ZnO, WO<sub>3</sub>, g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, BiVO<sub>4</sub>, dan TiO<sub>2</sub>. ZnO diketahui memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi, tetapi stabilitasnya relatif rendah karena mengalami fotokorosi selama proses iradiasi. WO<sub>3</sub> memiliki kemampuan menyerap cahaya tampak yang baik, namun posisi pita konduksinya kurang negatif sehingga kemampuan reduksinya terbatas. Sementara g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> menunjukkan respon cahaya tampak yang baik namun masih mengalami laju rekombinasi elektron-hole yang tinggi sehingga efisiensi fotokatalitiknya belum optimal<sup>2</sup>. TiO<sub>2</sub> merupakan salah satu fotokatalis yang menjanjikan karena memiliki stabilitas kimia yang tinggi, aktivitas fotokatalitik yang baik, tidak beracun, dan cukup terjangkau. Namun energi celah pita yang besar (3,2 eV untuk anatase) menyebabkan penyerapan energi yang tidak cukup pada wilayah spektrum cahaya tampak<sup>5</sup>.

Banyak upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan sensitivitas TiO<sub>2</sub>, seperti modifikasi doping dengan logam transisi, atom nonlogam, dan bahan organik<sup>6</sup>. Penambahan doping dengan atom nonlogam seperti nitrogen (N-doping) merupakan metode yang menjanjikan untuk mempersempit celah pita (*band gap*)<sup>7</sup>. Atom nitrogen dapat dengan mudah menembus masuk ke dalam struktur TiO<sub>2</sub>, hal ini dikarenakan ukuran atomnya yang sebanding dengan oksigen, energi ionisasi kecil, dan stabilitasnya yang tinggi<sup>3</sup>. Penggantian O dengan N dalam kisi TiO<sub>2</sub> memungkinkan celah pita menurun karena keadaan 2p atom N berikatan



dengan keadaan 2p atom O<sup>4</sup>. Penambahan nitrogen juga telah terbukti meningkatkan respon cahaya tampak dengan memperkenalkan tingkat tengah celah yang diinduksikan nitrogen, yang terbentuk sedikit di atas puncak *band* valensi 2p oksigen<sup>8</sup>. Berbagai sumber nitrogen telah digunakan untuk doping TiO<sub>2</sub>, baik anorganik maupun organik, seperti amonium hidroksida, amonium klorida, amonium nitrat, asam nitrat, hidrazin, urea, dietanolamin, dan trietilamina, di mana posisi nitrogen tergantung kepada metode persiapan TiO<sub>2</sub> yang didoping<sup>9</sup>. Selain doping, morfologi material juga berperan penting dalam performa fotokatalitik. Di antara berbagai jenis struktur nano TiO<sub>2</sub>, material nano TiO<sub>2</sub> satu dimensi (*nanowires*, *nanofiber*, *nanorod*, *nanobelt*, dan *nanotube*) telah menjadi fokus penelitian karena menunjukkan banyak keunggulan struktural yang belum pernah ada sebelumnya dibandingkan dengan nanopartikel konvensional atau material *bulk* dalam hal transport elektron jarak jauh yang cepat, luas permukaan spesifik yang lebih besar, volume pori yang lebih besar, serta dalam peningkatan penyerapan cahaya<sup>10</sup>. Penelitian sebelumnya oleh Resha (2022) memanfaatkan amonia sebagai sumber nitrogen dalam metode hidrotermal dan mendapatkan hasil morfologi *nanowire*<sup>11</sup>. Penelitian selanjutnya oleh Fery (2023) menggunakan sumber nitrogen dari urea yang menghasilkan morfologi *nanosheet*, *nanocube*, *nanorod*, dan *nanospherical*<sup>12</sup>. Penelitian berikutnya oleh Evan (2024) yang berfokus pada kitosan sebagai sumber nitrogen, memberikan hasil morfologi *nanowire*<sup>13</sup>. Penelitian terbaru dari Dinda (2025) menggunakan ammonium nitrat sebagai sumber nitrogen yang memberikan hasil morfologi *nanowire*<sup>14</sup>. Hasil pada semua penelitian tersebut menunjukkan bahwa jenis sumber nitrogen yang berbeda dapat memengaruhi karakteristik struktur dan sifat fotokatalitik TiO<sub>2</sub>. Selain itu, penelitian Yen et al. (2017) melaporkan telah berhasil mensintesis N-doped TiO<sub>2</sub> *nanowire* menggunakan trietilamina sebagai sumber nitrogen melalui metode *one-pot hydrothermal* yang menunjukkan bahwa trietilamina mampu meningkatkan penyerapan cahaya tampak. Namun, penelitian tersebut menggunakan substrat FTO dan bukan berfokus pada aplikasi degradasi zat warna<sup>7</sup>.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penggunaan trietilamina sebagai sumber nitrogen pada sintesis TiO<sub>2</sub> *nanowire* yang ditumbuhkan secara *in situ* pada titanium foil melalui metode hidrotermal serta aplikasi sebagai fotokatalis untuk degradasi metilen biru masih belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pengembangan material TiO<sub>2</sub> yang mengombinasikan modifikasi melalui doping menggunakan trietilamina sebagai sumber nitrogen dan rekayasa morfologi *nanowire* menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan kinerja fotokatalitik material dalam aplikasi fotodegradasi zat warna metilen biru.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapa konsentrasi optimum dari variasi 3,1 mL; 6,3 mL; dan 9,4 mL trietilamina dalam sintesis N-doped TiO<sub>2</sub> *nanowire* untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik?

2. Bagaimana morfologi, bentuk struktur dan karakteristik N-doped  $\text{TiO}_2$  dengan morfologi *nanowire* yang dihasilkan dari variasi penambahan trietilamina?
3. Bagaimana aktivitas fotokatalitik N-doped  $\text{TiO}_2$  dengan morfologi *nanowire* dalam degradasi metilen biru?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan poin-poin rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan optimasi dari variasi trietilamina 3,1 mL; 6,3 mL; dan 9,4 mL dalam sintesis N-doped  $\text{TiO}_2$  *nanowire*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan trietilamina terhadap morfologi, bentuk struktur dan karakteristik N-doped  $\text{TiO}_2$  dengan morfologi *nanowire*.
3. Menguji aktivitas fotokatalitik dari N-doped  $\text{TiO}_2$  dengan morfologi *nanowire* untuk degradasi metilen biru?

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan informasi dalam mensintesis N-doped  $\text{TiO}_2$  dengan morfologi *nanowire* untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya dalam degradasi metilen biru.

