

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri tekstil dan produk tekstil (TPT) pada skala nasional mengalami peningkatan yang cukup konsisten dari tahun ke tahun [1]. Secara umum, industri tekstil menggunakan 2000 bahan kimia termasuk pewarna, zat transfer, dan aditif. Peningkatan jumlah industri berakibat pada peningkatan jumlah limbah hasil produksi tekstil. Limbah tersebut dihasilkan dari setiap proses produksi. Salah satu limbah cair yang biasanya dihasilkan oleh industri tekstil adalah limbah zat warna.

Limbah zat warna merupakan senyawa organik non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan [2]. Zat warna dapat terlihat ketika memiliki konsentrasi di atas 1 mg/L. Namun, pada keluaran industri tekstil, konsentrasi zat warna dapat melebihi 1 mg/L karena 10-15% pewarna larut ke dalam air limbah selama proses pewarnaan [3]. Limbah cair zat warna tersebut berbahaya bagi makhluk hidup maupun lingkungan. Hal tersebut disebabkan karena limbah zat warna memiliki struktur aromatik sehingga sulit terdegradasi. Selain itu, zat warna mempunyai resistensi terhadap pengaruh lingkungan seperti efek pH, suhu, dan mikroba [4]. Salah satu zat warna yang biasa digunakan dalam industri tekstil yaitu pewarna metil hijau.

Metil hijau termasuk ke dalam zat warna *triphenylmethane* yang merupakan salah satu jenis pencemar perairan organik yang paling umum dan cukup sering digunakan dalam industri tekstil dan berbagai jenis industri makanan [5]. Metil hijau dianggap sebagai kelas pewarna yang sangat merusak dan berbahaya bagi lingkungan. Hal tersebut disebabkan karena metil hijau biasanya ditemukan dalam limbah industri bersifat mutagenik, alergenik, karsinogenik, beracun, serta tahan terhadap degradasi biologis alami [6].

Selain berasal dari limbah cair hasil pewarnaan, limbah domestik atau limbah rumah tangga serta tangki septik rumah sakit juga dapat menyebabkan adanya bakteri yang dapat menjadi sumber penyakit [7]. Kemunculan bakteri dari limbah tersebut berupa Gram-positif maupun Gram-negatif yang dapat menjadi faktor penyebab peningkatan penularan penyakit.

Kedua hal tersebut menjadi sebuah ancaman bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Permasalahan lingkungan tersebut dapat diatasi dengan metode adsorpsi dan penggunaan material fotokatalis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan oksida logam semikonduktor dapat mengatasi permasalahan tersebut [8] [9]. BCNO adalah bahan nano berbasis boron yang masih jarang dipelajari daripada bahan lainnya. BCNO adalah salah satu nanopartikel yang paling menarik dan memiliki karakteristik sempurna karena sifatnya yang sangat baik, seperti non-toksisitas, proses sintesis sederhana, emisi warna yang dapat diatur dari warna biru-merah dengan cara memvariasikan unsur karbon, dan efisiensi kuantum yang tinggi [10] [11] [12].

BCNO merupakan nanomaterial semikonduktor, untuk menggantikan posfor beracun berdasarkan senyawa oksinitrida dan nitrida [11] [13]. Struktur nano BCNO juga menjanjikan dalam nanoelektronika seperti adsorpsi kimia dan sensor [14] [15] [16]. BCNO juga dipandang sebagai kandidat yang menjanjikan untuk mengadsorpsi beberapa molekul kecil. Pada BCNO kapasitas adsorpsi relatif tinggi yang disebabkan adanya cacat struktural permukaan yang diperkaya oleh kehadiran BCN dan karena adanya efek polarisasi dari atom O yang menyebabkan meningkatnya energi adsorpsi [17] [18]. Selain itu, BCNO juga berpotensi sebagai material fotokatalis untuk konversi energi dan aplikasi remediasi lingkungan [19].

Senyawa BCNO diharapkan dapat bertindak sebagai semikonduktor dengan energi celah pita yang dapat diatur dengan memvariasikan komposisi atom, karena bahan ini dianggap sebagai perantara antara graphene dan heksagonal-BN (hBN) [20]. Substitusi dari atom B, C, N, dan O ke dalam jaringan graphene atau boron nitrida heksagonal (hBN) memunculkan hasil photoluminescence senyawa BCNO dengan celah pita mulai dari 0 eV (graphene) hingga 5,9 eV (hBN) [21]. Mekanisme photoluminescence dari BCNO melibatkan pengotor karbon dan oksigen yang menghasilkan tingkat energi di celah pita daripada transisi antar pita atau emisi eksiton. Oleh karena itu, BCNO menunjukkan kinerja konduktansi listrik yang rendah. Selain itu, BCNO juga menunjukkan karakteristik menarik seperti ketahanan tinggi terhadap oksidasi, membuatnya cocok untuk aplikasi lingkungan dengan suhu tinggi [22]. Walaupun uji aktivitas antibakteri pada BCNO belum banyak yang mengeksplorasi, tetapi bahan nano berbasis boron berpotensi

menginduksi kerusakan pada dinding sel bakteri sehingga mengakibatkan kematian bakteri [23].

Namun, penelitian sebelumnya dari senyawa BCNO menunjukkan hanya ada puncak emisi tunggal yang sangat lemah dalam spektrum photoluminescence (PL) [20] [24] [25]. Celah pita lebar yang didapatkan menyebabkan photoluminescence merah BCNO masih menjadi tantangan untuk diperoleh. Selain itu, intensitas PL dan efisiensi kuantum eksternal (QE) senyawa BCNO yang diamati tampaknya sangat rendah. Berdasarkan beberapa penelitian, bahan BCNO yang memancarkan warna penuh belum banyak dieksplorasi. Alternatif untuk mengatasi tantangan tersebut adalah penggunaan kalium (K) sebagai dopan dalam bahan BCNO.

Dalam beberapa penelitian, logam alkali khususnya kalium sebagai doping memiliki banyak keunggulan seperti tidak beracun, biaya rendah, ramah lingkungan, dan berlimpah [26]. Dalam penelitian terkait aktivitas fotokatalitik yang di doping logam alkali menunjukkan bahwa kalium sebagai doping dapat memanfaatkan sepenuhnya cahaya tampak karena memiliki celah pita yang lebih sempit sekitar 2,2 eV sehingga dapat meningkatkan aktivitas katalik. Dopan kalium memiliki aktivitas fotokatalis yang sangat baik dan memiliki stabilitas yang cukup baik [27]. Dalam penelitian terkait aktivitas adsorpsi yang di doping logam alkali menunjukkan aktivitas adsorpsi pada dopan kalium memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi sebesar 8,64 mmol/g dibanding dengan logam alkali lainnya dan kinerja adsorpsinya cenderung cukup stabil setelah 10 siklus [28]. Walaupun uji aktivitas antibakteri pada BCNO di doping dengan kalium belum banyak yang mengeksplorasi, tetapi dopan kalium cukup efektif dalam menurunkan toksisitas *malachite green* secara signifikan terhadap bakteri secara drastis dalam kondisi in vitro [29].

Beberapa metode yang digunakan untuk sintesis BCNO dengan dopan berukuran nanopartikel diantaranya metode hidrotermal, *solid-state*, dekomposisi termal, elektrokimia, sol-gel, presipitasi kimia, dan pirolisis semprot. Dari metode-metode tersebut, metode *solid-state* merupakan metode yang paling kecil kesalahannya karena kondisi pengoperasiannya mudah dikontrol, sederhana, murah, dan termasuk ke dalam metode *green chemistry* karena dapat mengurangi limbah.

Berdasarkan paparan di atas, diketahui bahwa penambahan dopan kalium pada BCNO dapat mengoptimalkan aktivitas fotokatalitik, adsorpsi, dan antibakteri. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis BCNO dengan dopan K menjadi material K-BCNO dengan metode *solid-state*. Setelah itu, hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, FTIR, PL, dan *UV-Vis Absorbance*. Kinerja K-BCNO sebagai material adsorpsi diuji jumlah zat warna yang terserap dan fotokatalis diuji aktivitasnya melalui degradasi zat warna serta dilakukan uji antibakteri dengan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik BCNO dan K-BCNO dari hasil karakterisasi XRD, SEM, FTIR, PL, dan *UV-Vis Absorbance*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan dopan Kalium pada BCNO untuk aktivitas adsorpsi zat warna metil hijau?
3. Bagaimana pengaruh penambahan dopan Kalium pada BCNO untuk aktivitas fotokatalisis zat warna metil hijau?
4. Bagaimana pengaruh penambahan dopan Kalium pada BCNO sebagai antibakteri pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. Metode sintesis yang digunakan metode *solid state* pada suhu 550°C selama 30 menit dengan prekursor berupa  $H_3BO_3$  (Merck®),  $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$  (Merck®),  $CH_4N_2O$  (Merck®),  $C_2H_3O_2K$  (Merck®).
2. Konsentrasi *doping* kalium asetat yang digunakan sebesar 7%.
3. Zat warna yang digunakan adalah metil hijau.
4. Optimasi aktivitas adsorpsi dari material K-BCNO pada zat warna dilakukan dengan variasi waktu kontak (0; 10; 20; 30; 40; 50; dan 60 menit).

5. Metode isoterm adsorpsi yang digunakan adalah *Freundlich* dan *Langmuir*.
6. Optimasi aktivitas fotokatalis dari material K-BCNO pada metil hijau dilakukan dengan variasi waktu pemaparan cahaya 0; 10; 20; 30; 40; 50; dan 60 menit.
7. Sumber cahaya dalam uji aktivitas fotokatalis adalah sinar tampak (lampu *Mercury Phillips 500 Watt*).
8. Penentuan konsentrasi larutan zat warna setelah proses adsorpsi dan fotokatalis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan pengujian antibakteri K-BCNO dilakukan menggunakan metode cakram melalui pengukuran diameter zona hambat.
9. Kontrol positif dan kontrol negatif yang digunakan untuk uji aktivitas antibakteri masing-masing diantaranya amoxicillin dan aquabidest steril.
10. Karakterisasi K-BCNO dilakukan dengan menggunakan instrumentasi XRD, SEM, FTIR, PL, dan *UV-Vis Absorbance*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik BCNO dan K-BCNO dari hasil karakterisasi XRD, SEM, FTIR, PL, dan *UV-Vis Absorbance*.
2. Mengidentifikasi pengaruh penambahan dopan Kalium pada BCNO untuk aktivitas adsorpsi zat warna metil hijau.
3. Mengidentifikasi pengaruh penambahan dopan Kalium pada BCNO untuk aktivitas fotokatalisis zat warna metil hijau.
4. Mengidentifikasi pengaruh penambahan dopan Kalium pada BCNO sebagai antibakteri pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi untuk semua bidang, khususnya bidang kimia untuk mengatasi pencemaran akibat zat warna melalui proses adsorpsi dan fotokatalisis dengan material K-BCNO serta pengendalian bakteri di lingkungan.