BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Cikapundung adalah sungai dengan panjang $\pm$ 28.000 meter yang melewati Kabupaten Bandung Barat, Kota Bandung dan Kabupaten Bandung [1]. Sungai ini termasuk sebagai sungai strategis untuk wilayah Jawa Barat dan Bandung [2]. Hal ini disebabkan oleh Daerah Alir Sungai (DAS) Cikapundung yang mencakup daerah seluas 15.386,5 hektar dengan hulunya terletak pada Gunung Bukit Tunggul, melewati Kota dan Kabupaten Bandung sebelum bermuara pada Sungai Citarum [3]. Selain itu, sungai ini berperan penting sebagai saluran drainase utama, sebagai objek wisata atau ikon yang berada pada Kota Bandung dan sumber air untuk kegiatan sehari-hari (mencuci, mandi dan lainnya) warga sekitar Sungai Cikapundung [2][3][4].

Daerah disekitar Sungai Cikapundung telah mengalami banyak perubahan, pada bagian hulu sungai telah beralih fungsi menjadi daerah peternakan dan pertanian. Sedangkan, pada daerah hilir sungai telah menjadi pemukiman yang sangat padat penduduk dan sebagian juga telah diubah menjadi daerah perindustrian [5]. Perubahan alih fungsi lahan sungai tersebut berpotensi menyebabkan berbagai masalah lingkungan lingkungan, terutama pencemaran perairan [2][3].

Peningkatan populasi penduduk disekitar Sungai Cikapundung juga meningkatkan pencemaran pada sungai tersebut, dengan sumber pencemar yang berasal dari berbagai aktivitas manusia di sekitar sungai tersebut [1]. Berdasarkan Badan Pengelola Lingkungan Hidup (BLH) Jawa Barat 2016, menyatakan bahwa pemukiman yang berada disekitar bantaran Sungai Cikapundung menghasilkan sekitar 90% limbah domestik yang dibuang langsung ke badan sungai [3]. Limbah domestik berasal dari berbagai kegiatan sehari-hari masyarakat, seperti mencuci, memasak, mandi, peternakan dan pertanian [6]. Selain itu, limbah cair industri dari pabrik yang berada disekitar Sungai Cikapundung dan limbah domestik menghasilkan lebih dari 2,5 juta liter limbah cair dan 350 ton sampah per hari

[3][7]. Limbah-limbah ini dibuang tanpa diolah terlebih dahulu menyebabkan air Sungai Cikapundung mengalami pencemaran, sehingga menurunkan kualitas air sungai yang ditandai oleh berbagai parameter yang terdapat pada air tersebut [6][8][4]. Hal tersebut dibenarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Viyanka dan Hindersah (2022) menunjukkan bahwa daerah disekitar Sungai Cikapundung memiliki kualitas air sungai yang buruk dengan nilai sebesar -94 atau tercemar berat [9]. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa banyak masyarakat dan industri disekitar Sungai Cikapundung tidak menjaga kebersihan air sungai dengan masih membuang sampah dan limbah sembarangan.

Berdasarkan pernyataan tersebut, maka diperlukan usaha pemurnian kualitas Sungai Cikapundung. Terlebih lagi, hingga saat ini masih belum ada penelitian yang membahas mengenai usaha pemurnian sungai Cikapundung. Metode-metode yang dapat digunakan dalam pemurnian air sungai dapat terbagi menjadi tiga, yaitu metode fisik, kimia dan biologis [10]. Metode adsorpsi termasuk sebagai metode fisik [10][11]. Metode ini memiliki keunggulan dibanding metode-metode pemurnian lainnya, seperti berbiaya rendah, tidak menghasilkan produk sekunder yang berbahaya, memiliki efisiensi tinggi dalam degradasi polutan dan dapat digunakan untuk berbagai jenis polutan organik, anorganik dan biologis [12][13]. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah BCNO (*boron carbon oxynitride*). Kinerja material ini sebagai adsorben masih perlu diteliti lebih lanjut terutama pada aplikasinya untuk air sungai.

BCNO adalah salah satu material berbasah dasar boron yang masih jarang untuk dipelajari, namun memiliki potensi sebagai material fotokatalis karena memiliki efisiensi kuantum yang tinggi dan memiliki panjang gelombang emisi yang dapat diatur melalui penyesuaian unsur karbon [14][15][16]. Selain itu, pada beberapa penelitian menyebutkan bahwa BCNO memiliki struktur ikatan dari grafena, BN (*boron nitride*) dan diiringi dengan cincin BCN menyebabkan material ini memiliki performa adsorpsi yang baik. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu *et al.* (2022) menunjukkan bahwa BCNO memiliki luas permukaan yang tinggi sebesar $1515,6 \text{ m}^2/\text{g}$, sehingga

memungkinkan untuk digunakan sebagai adsorben [17]. Adanya unsur dengan elektronegatifitas yang tinggi, seperti O dapat meningkatkan kemampuan adsorpsinya [15][16].

BCNO termasuk sebagai material perantara grafena dan h-BN (*hexagonal boron nitride*). Hal ini menyebabkan material ini memiliki celah pita (*band gap*) yang berkisar antara 0 eV (grafena) dan 5,9 eV (h-BN) [20]. Material ini memiliki struktur berdasarkan ikatan kovalen atom B, N dan O dalam kerangka karbon yang lunak [21]. Kemampuan *photoluminescence* BCNO didasarkan keberadaan pengotor atom C dan O yang tersebar secara merata pada energi dibawah pita konduksi dan diatas pita valensi, sehingga memengaruhi transisi elektron dalam material ini [16][22]. Material BCNO memiliki sifat-sifat yang menarik, seperti bersifat non-toksik, memiliki proses sintesis yang sederhana, berbiaya rendah, memiliki spektrum eksitasi yang lebar dan dapat disintesis dibawah suhu ($< 900^{\circ}\text{C}$) [21][23][24]. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, BCNO memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi sensor kimia dalam deteksi mikroRNA, LED (*light emitting diodes*), *bio-imaging*, dan aplikasi medis [25][26]. Meskipun material BCNO umum digunakan untuk aplikasi optik karena sifat *photoluminescence*-nya yang baik. Namun, pada penelitian ini material BCNO akan digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi polutan dalam air.

Sintesis material BCNO dalam beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan beberapa metode. Metode-metode yang digunakan sebelumnya adalah metode hidrotermal, CVD (*chemical vapour deposition*), *solid-state reaction*, *electrospinning*, *urea combustion*, dan *chemical route*. Berdasarkan beberapa metode yang telah digunakan tersebut, metode *solid-state* termasuk sebagai metode dengan pengoperasian yang mudah dikontrol, sehingga dapat meminimalisir risiko kesalahan yang mungkin terjadi pada proses sintesis yang dilakukan. Selain itu, metode ini juga termasuk sebagai metode yang sederhana dan murah, serta bersifat *green chemistry* untuk memperkecil limbah yang dapat dihasilkan dari proses sintesis [27].

Penggunaan dopan Co dalam material adsorben dapat meningkatkan kinerja adsorpsinya. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hassan

et al. (2020) bahwa dopan Co dapat meningkatkan jarak antar bidang kristal (*d-spacing*) dan membentuk pori-pori pada permukaan dengan interaksi antara orbital 3d Co dan orbital 2p B/N yang memperluas permukaannya [28]. Ion Co^{2+} memiliki jari-jari ionik sebesar $0,74 \text{ \AA}$ yang memudahkan material ini melakukan substitusi [29]. Orbital d unsur Co yang tidak terisi penuh menyebabkan material ini dapat berikatan kovalen koordinasi dengan polutan, sehingga menambah jumlah situs aktif pada adsorben [30].

Penggunaan dopan Zn juga dapat meningkatkan kinerja adsorpsi material adsorben. Pada penelitian terdahulu oleh Tran *et al.* (2023) menyatakan bahwa dopan Zn memiliki orbital 3d yang terisi penuh menyebabkan dopan ini stabil dalam adsorben dan tidak mengalami degradasi saat proses adsorpsi berlangsung [31]. Selain itu, orbital ini juga dapat berinteraksi secara elektrostatik terhadap gugus fungsi polar yang meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap polutan polar. Dopan Zn juga dapat melakukan substitusi dalam kristal BN dengan atom B dan N tanpa mengganggu struktur kristal tersebut [32].

Berdasarkan pernyataan tersebut, diketahui bahwa kedua dopan ini dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi adsorben. Adapun penelitian terdahulu yang menyatakan keberadaan kedua dopan ini dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi BCNO, dilakukan oleh Marcelina dan Azzahra (2023) menuliskan bahwa keberadaan dopan Zn dalam BCNO dan Co dalam BCNO dapat meningkatkan kinerja adsorpsi zat warna metil hijau. Peningkatan kinerja adsorpsi zat warna metil hijau ini terjadi sebagai akibat adanya gugus-gugus aktif baru sebagai akibat dari doping yang dilakukan. Namun, pengaruh penambahan dopan Zn dan Co dalam material BCNO untuk aplikasi pemurnian air sungai masih jarang dibahas. Oleh karena itu, pengaruh penambahan dopan Zn dan Co dalam BCNO dalam aplikasi pemurnian memiliki potensi dan menarik untuk dieksplorasi [27][33].

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini berfokus dalam sintesis BCNO dengan dopan Zn dan Co menjadi material Zn-BCNO dan Co-BCNO dan aplikasinya sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan pengaruh kedua dopan terhadap karakterisasi dan kinerja BCNO sebagai material adsorben. Material BCNO yang terbentuk akan diaplikasikan sebagai

adsorben dalam pengolahan air Sungai Cikapundung pada Teras Cikapundung yang telah tercemar dengan berbagai jenis limbah. Kinerja material ini akan diuji berdasarkan perubahan parameter air permukaan Sungai Cikapundung, seperti parameter fisika, kimia dan mikrobiologi [34]. Perubahan nilai parameter tersebut akan dibandingkan dengan PP (peraturan pemerintah) Nomor 22 Tahun 2021 mengenai baku mutu baku air sungai Kelas 2 untuk aplikasi rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan dan kegiatan sehari-hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat ditentukan rumusan masalah untuk penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik BCNO, Co-BCNO dan Zn-BCNO dari hasil karakterisasi XRD, SEM, dan spektroskopi FTIR ?
2. Bagaimana pengaruh dopan Zn dan Co terhadap kemampuan BCNO sebagai adsorben polutan yang terdapat dalam air Sungai Cikapundung ?
3. Bagaimana efektivitas material BCNO, Co-BCNO dan Zn-BCNO dalam proses adsorpsi terhadap parameter air Sungai Cikapundung?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah sebagai berikut :

1. Sumber BCNO, Co dan Zn yang digunakan merupakan hasil sintesis dari asam borat (H_3BO_3), urea ($(NH_2)_2CO$), asam sitrat ($C_6H_8O_7$), kobalt asetat ($Co(CH_3COO)_2$) dan seng asetat ($Zn(CH_3COO)_2$).
2. Metode sintesis dilakukan dengan menggunakan metode *solid state* dengan suhu kalsinasi pada $550^\circ C$ selama 30 menit.
3. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan instrumen XRD, SEM, dan spektroskopi FTIR.
4. Air sungai yang digunakan berasal dari Sungai Cikapundung melalui poses sampling di Teras Cikapundung.
5. Uji aktivitas adsorpsi dari material BCNO, Co-BCNO dan Zn-BCNO dilakukan dengan waktu kontak selama 120 menit pada keadaan gelap.

6. Baku Mutu yang digunakan adalah PP No. 22 Tahun 2021 Kelas 2 untuk air sungai dan sejenisnya.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Memperoleh BCNO, Co-BCNO, dan Zn-BCNO melalui metode sistesis *solid-state* dengan target material yang memiliki karakteristik ukuran kristal 0-10 nm, kristalinitas <45%, bentuk morfologi permukaan yang seragam, serta gugus fungsi yang memiliki interaksi kuat untuk membantu proses adsorpsi air Sungai Cikapundung.
2. Memperoleh material BCNO terdoping Co dan Zn yang memiliki kemampuan mengadsorpsi polutan Air Sungai Cikapundung >90%.
3. Menentukan material terdopan yang paling efektif untuk mengadsorpsi polutan Air Sungai Cikapundung sesuai dengan Baku Mutu Air Sungai dari PP No. 22 Tahun 2021 Kelas 2 untuk air sungai dan sejenisnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat terhadap kebutuhan pendidikan dan memberikan informasi mengenai sintesis material BCNO, Co-BCNO dan Zn-BCNO terhadap karakteristiknya sebagai adsorben. Material ini diharapkan mampu mengatasi masalah pencemaran lingkungan perairan yang terjadi pada Sungai Cikapundung.