

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan penduduk terpadat ke empat di dunia, memiliki sekitar 270 juta jiwa yang membuatnya menjadi negara dengan penduduk terbanyak di asia tenggara, hal ini menjadikan peluang besar akan tumbuhnya industri farmasi di Indonesia. Pandemi COVID-19 menjadikan kebutuhan masyarakat maupun fasilitas kesehatan akan vitamin, suplemen, dan obat-obatan meningkat secara drastis mencapai 50,3% pada komoditas *personal protective* mengingat obat-obatan merupakan kebutuhan utama dengan tingkat urgensi yang tinggi (Perindustrian 2021). Hal ini meningkatkan produksi obat-obatan sehingga menjadikannya berpotensi untuk mencemari lingkungan perairan meskipun konsentrasi atau jumlahnya berada dalam ambang batas (Ayusa, *et al.* 2021).

Limbah dari produksi farmasi dianggap sebagai polutan yang paling banyak muncul di perairan permukaan dan air tanah. Sifat toksisitas, aktivitas biologis yang tinggi, dan pembentukan metabolit berbahaya dapat menyebabkan masalah serius dan jangka panjang untuk ekosistem darat dan air dan juga kualitas air (Alexandro *et al.* 2021). Ada sekitar 3000 senyawa dengan berbagai macam struktur kimia yang berbeda digunakan untuk menghasilkan produk obat-obatan manusia maupun hewan (Choina *et al.* 2013). Tiga jenis obat yang paling sering diproduksi adalah antibiotik, analgesik, dan antiinflamasi. Diantara ketiga jenis obat tersebut salah satunya adalah ibuprofen, yaitu obat NSAID (*Non Steroid Anti-Inflammatory Drugs*). Obat pereda nyeri tersebut menjadi salah satu obat yang paling banyak terjual di dunia setelah parasetamol (Alexandro *et al.* 2021). Diketahui jika konsumsi ibuprofen di dunia mencapai 200.000 ton per tahunnya, sejumlah peneliti menemukan adanya ibuprofen dalam limbah pabrik pengolahan air limbah (0,0002-95 µg/L) di badan air sebanyak (0,01-0,04 µg/L) dan di air ledeng (0,00013-0,0002 µg/L). Adapun dampak dari obat ibuprofen dapat memengaruhi laju pertumbuhan mikroorganisme, ikan, rumput laut, dan berbagai jenis kehidupan di perairan

(Farhadi *et al.* 2020), sehingga ibuprofen dapat dikategorikan ke dalam kelas baru dalam polutan air, meskipun dalam jumlah konsentrasi yang kecil (Choina *et al.* 2013).

Pengelolaan limbah di perairan menjadi tantangan utama bagi para peneliti karena ada banyak faktor yang harus diperhatikan, seperti perawatannya, rasio biaya yang harus dikeluarkan, manfaat, efektivitas terhadap lingkungan, dan juga polutan sekunder yang dihasilkan. Berbagai upaya telah didemonstrasikan untuk menanggulangi limbah ibuprofen seperti adsorpsi, biodegradasi, dan metode oksidasi lanjut. Metode adsorpsi dan biodegradasi dirasa kurang efektif untuk menguraikan senyawa farmasi dan kurang efisien untuk dilakukan karena kurang ekonomis. Pada beberapa tahun terakhir ini, cara untuk menghilangkan polutan yang ada biasanya menggunakan metode oksidasi lanjut, salah satu caranya adalah dengan menggunakan fotokatalisis (Farhadi *et al.* 2020). Metode fotokatalisis dianggap sebagai metode yang menjanjikan karena mampu meningkatkan aktivitas degradasi dengan baik, memiliki toksisitas rendah, biaya relatif murah, dan efektivitasnya terhadap lingkungan baik (Abdel-Wahab *et al.* 2017). Degradasi fotokatalitik merupakan proses penguraian materi yang dipercepat menggunakan katalis dan bantuan foton. Degradasi fotokatalitik dilakukan dengan menggunakan katalis semikonduktor, seperti ZnO, Fe₂O₃, TiO₂, dan CdS (Nevi & Sri., 2014). Mekanisme kerja degradasi fotokatalitik adalah jika katalis semikonduktor dikenai sinar dengan energi yang lebih besar, maka elektron (e^-) pada pita valensi bereksitasi menuju pita konduksi dan akan meninggalkan *hole positive* (h^+) pada pita valensi. Keunggulan yang dimiliki metode ini yaitu proses lebih sederhana, reaksi oksidasi berlangsung lebih cepat, efisiensi yang tinggi, dan produk senyawa yang ramah lingkungan (David *et al.*, 2021).

ZnO (Seng Oksida) merupakan salah satu material semikonduktor yang bisa diaplikasikan untuk fotokatalitik, harganya yang murah dan juga ramah lingkungan menjadikannya sebagai kandidat terbaik untuk aktivitas fotokatalitik dibandingkan senyawa lainnya (Kezhen *et al.*, 2017) bagaimanapun juga ZnO kurang aktif untuk fotokatalitik di bawah sinar uv karena rekombinasi elektronnya yang tinggi. Oleh

karena itu ZnO saja tidak bisa berperan maksimal sebagai penghasil pasangan *elektron-hole* dengan baik. Karena ZnO memiliki *band gap* di sekitar 3,37 eV yang artinya ZnO hanya aktif menyerap cahaya pada daerah sinar UV di panjang gelombang tertinggi 387 nm (Wilson *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2013). Meningkatkan efisiensi ZnO sebagai fotokatalis di bawah sinar UV maka ZnO perlu dilakukan *doping* menggunakan logam atau material lain yakni rGO (Yusuf *et al.*, 2018). Metode degradasi fotokatalitik sebelumnya telah dilakukan oleh Choina *et al.*, dalam jurnalnya ia berhasil mendegradasi senyawa ibuprofen dengan melakukan *doping* ZnO dan logam Cerium, yang mana menunjukkan hasil positif dengan menghasilkan produk samping lebih sedikit.

Penggabungan semikonduktor yang berbeda untuk membentuk komposit dapat memperbesar kinerja dengan saling mentransfer muatan pembawa (elektron dan *hole*) dari satu semikonduktor ke semikonduktor lainnya dengan sifat kimia dan elektrik yang cocok (Ayu, 2012). ZnO biasanya bisa *didoping* dengan material lain seperti karbon *nanotube*, grafit karbon nitride, grafit, dan grafit oksida (GO). Pada penelitian ini ZnO dikompositkan dengan rGO karena memiliki luas permukaan yang besar dan juga mobilitas elektronnya yang tinggi (Zhu *et al.* 2020). *Band gap* yang dimiliki rGO sebesar 1,69 eV membuat rGO mampu dijadikan salah satu bahan *doping* semikonduktor untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya pada saat degradasi senyawa yang dituju. Keunggulan mengkompositkan ZnO/rGO yang lain yaitu tidak menghasilkan produk samping yang berbahaya untuk lingkungan, selain itu, senyawa ini mampu digunakan berulang kali dan proses pemisahan antara produk dan katalisnya jauh lebih mudah. Metode degradasi fotokatalitik dengan bantuan semikonduktor ZnO yang dikompositkan dengan rGO diharapkan mampu membantu mengatasi permasalahan lingkungan perairan yang ada, khususnya yang diakibatkan limbah farmasi ibuprofen.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang tertulis di atas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis akan karakter komposit ZnO/ rGO menggunakan XRD dan FTIR?
2. Bagaimana pengaruh pH, waktu, dan massa komposit ZnO/rGO dalam proses degradasi limbah farmasi ibuprofen melalui metode fotokatalitik?
3. Bagaimana kapasitas degradasi fotokatalitik limbah farmasi ibuprofen menggunakan komposit ZnO/ rGO pada sampel air sungai?
4. Bagaimana kinetika degradasi fotokatalitik ibuprofen?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis dan menentukan karakter komposit ZnO/ rGO menggunakan XRD dan FTIR.
2. Mengetahui dan menjelaskan adanya pengaruh pH, waktu, dan massa komposit ZnO/rGO dalam proses degradasi limbah farmasi ibuprofen melalui metode fotokatalitik.
3. Mengetahui kapasitas degradasi fotokatalitik limbah farmasi ibuprofen menggunakan komposit ZnO/ rGO pada sampel air sungai.
4. Menentukan orde kinetika degradasi fotokatalitik ibuprofen.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dan informasi mengenai degradasi limbah farmasi khususnya dari dampak produksi dan penggunaan obat ibuprofen menggunakan komposit ZnO/ rGO dengan metode fotokatalitik. Metode tersebut diharapkan mampu memberikan solusi yang efektif dan efisien untuk menangani pencemaran lingkungan yang disebabkan dari limbah obat-obatan farmasi.