

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan sumber utama dari kerusakan lingkungan. Salah satunya adalah limbah yang berasal dari obat-obatan atau yang lebih umum disebut sebagai limbah farmasi. Limbah farmasi umumnya ditemukan di lingkungan perairan. Limbah tersebut dapat mencapai lingkungan dari berbagai sumber, yaitu dari pembuangan limbah yang tidak tepat dari industri farmasi dan rumah sakit, ekskresi manusia (urine) yang mengandung obat-obatan, dan limbah rumah tangga. Pencemaran dari limbah farmasi yang paling banyak berasal dari industri farmasi. Kerusakan yang ditimbulkan sejalan dengan perkembangan industri yang meningkat setiap tahunnya. Industri farmasi merupakan salah satu wujud pembangunan bidang kesehatan yang memiliki strategi dalam pengadaan obat-obatan dalam rangka peningkatan pelayanan kesehatan masyarakat. Berdasarkan data BPOM tahun 2020, jumlah industri farmasi mengalami kenaikan sebesar 8,1% atau meningkat dari 210 perusahaan pada tahun 2015 menjadi 227 perusahaan pada tahun 2020 (Badan keahlian DPR, 2021).

Industri farmasi dapat menghasilkan limbah yang bersumber dari proses-proses produksi, proses pencucian alat produksi, kegiatan laboratorium dan sisa produk yang tidak memenuhi spesifikasi atau dari kegagalan proses (Crisnaningtyas & Vistanty, 2016). Limbah industri farmasi merupakan salah satu sumber pencemaran yang potensial karena bersifat toksik, reaktif, korosif, dan jika dalam konsentrasi yang tinggi dapat merusak lingkungan (Ayusa *et al.*, 2021). Salah satu limbah industri farmasi yang telah ditemukan di perairan adalah limbah obat-obatan termasuk jenis antibiotik, antipiretik, obat sitostatik, hormon, dan lain-lain (Yang *et al.*, 2008). Limbah obat-obatan dapat menimbulkan ancaman bagi organisme air. Perairan yang terkontaminasi akan mengalami penurunan kualitas air, bakteri yang hidup di perairan akan mati, dan gangguan terhadap kehidupan biotik.

Salah satu senyawa obat yang terkandung dalam limbah perairan adalah parasetamol (Fendri *et al.*, 2018). Secara kimia, parasetamol disebut juga *acetaminophen*, *4-hydroxyacetamide*, atau N-(4-hidroksifenil) asetamida yang merupakan turunan para-aminofenol (Lum *et al.*, 2019). Parasetamol sebagai obat analgesik dan antipiretik adalah salah satu obat pereda nyeri yang paling populer dengan konsumsi mencapai ribuan ton per tahun (Koagouw *et al.*, 2021). Parasetamol termasuk salah satu dari tiga obat teratas yang diresepkan di Inggris dan merupakan salah satu dari 200 resep teratas di Amerika Serikat (De Gusseme *et al.*, 2011; Jallouli *et al.*, 2017). Hal tersebut mengakibatkan peningkatan jumlah limbah dari semakin banyaknya parasetamol yang diproduksi.

Adanya senyawa parasetamol yang terdeteksi dalam lingkungan perairan telah menimbulkan kekhawatiran tentang dampaknya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Telah dilaporkan bahwa pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) konsentrasinya mencapai 10 mg/L, sedangkan dalam sistem air tawar tercatat 4,1 ng/L hingga 73 ng/L (Lum *et al.*, 2019). Dalam konsentrasi kecil, senyawa parasetamol tidak terlalu berbahaya bagi manusia, tapi akan berdampak pada ekosistem di perairan karena sifatnya yang aktif dan beracun di alam. Meskipun tidak menimbulkan efek secara langsung pada manusia, mengkonsumsi air minum yang tercemar oleh senyawa parasetamol dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan efek yang buruk bagi kesehatan seperti iritasi lapisan lambung, gagal ginjal, kerusakan hati hingga kematian (Jallouli *et al.*, 2017; Wiratama *et al.*, 2017). Batas dosis maksimum parasetamol dalam tubuh manusia yaitu 4000 mg dalam 24 jam.

Sebelum limbah dibuang dalam badan perairan, limbah harus diolah terlebih dahulu. Namun faktanya limbah tidak sepenuhnya diolah dengan baik. Oleh karena itu, sejumlah upaya telah dilakukan untuk mengurangi limbah farmasi sebagai bentuk antisipasi apabila di kemudian hari terjadi pencemaran dengan konsentrasi yang tinggi. IPAL secara konvensional telah melakukan proses pengolahan secara biologis dan proses fisika-kimia seperti adsorpsi, koagulasi, flokulasi, dan filtrasi (Lum *et al.*, 2019). Namun pengolahan tersebut tidak efisien untuk menghilangkan limbah farmasi sepenuhnya seperti senyawa parasetamol karena teknik tersebut

tidak dirancang untuk mengolah air yang terkontaminasi mikro-polutan. Pada proses pengolahan secara fisik hanya ditandai dengan perubahan fase polutan tanpa adanya degradasi. Sedangkan pada proses pengolahan biologis hanya dapat diaplikasikan pada senyawa yang bersifat *biodegradable* (Lum *et al.*, 2019).

Wiratama *et al.* (2017) dalam penelitiannya menggunakan metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) dengan bantuan semikonduktor TiO_2 dan cahaya UV untuk mengatasi pencemaran dari limbah parasetamol. AOPs merupakan proses oksidasi tingkat lanjut yang biasa digunakan untuk perawatan air. Adapun penelitian lain dengan metode degradasi fotokatalitik yaitu menggunakan katalis nanokomposit ZnO dengan bantuan abu dupa berhasil mendegradasi parasetamol sebesar 95% dalam waktu 540 menit (Lum *et al.*, 2019), dan komposit TiO_2 /grafit mampu mendegradasi parasetamol sepenuhnya selama 180 menit (Vaiano *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian tentang degradasi limbah parasetamol menunjukkan bahwa fotokatalisis bisa menjadi alternatif untuk mengurangi kadar parasetamol dalam air. Teknik fotokatalisis merupakan kombinasi dari proses fotokimia dan katalis. Secara umum, degradasi fotokatalitik terjadi ketika semikonduktor terkena oleh sumber cahaya yang memancarkan foton dengan energi yang sama atau lebih tinggi dari celah pitanya, sehingga terbentuk pasangan *electron hole* positif (e^- , h^+). Dewasa ini, fotokatalitik terbukti menjadi metode yang ramah lingkungan, ekonomis, dan efisien yang dapat mendegradasi limbah-limbah senyawa organik dan non-organik (Kumar *et al.*, 2021).

Material semikonduktor yang dapat digunakan dalam aplikasi fotokatalisis diantaranya yaitu TiO_2 , ZnO, CuO, CdO, dan Fe_2O_3 . Material semikonduktor seng oksida (ZnO) mempunyai sifat yang stabil secara kimia, tidak beracun, mudah didapatkan, lebih murah, *biodegradable*, dan bersahabat dengan lingkungan (Liu *et al.*, 2013). Dalam proses fotokatalitik, ZnO lebih baik dibandingkan dengan titanium oksida (TiO_2) karena memiliki aktivitas yang tinggi. Namun ZnO mudah mengalami korosi ketika berada di bawah sinar dan pasangan elektron-hole dari ZnO mudah mengalami rekombinasi. Sehingga mengurangi aktivitas dan efisiensi ZnO di bawah sinar UV.

Salah satu material yang dapat digunakan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari ZnO adalah rGO (*reduced Graphene Oxide*) yang merupakan turunan dari *graphene* hasil dari reduksi *graphene oxide*. Pemilihan rGO sebagai modifikasi ZnO karena rGO memiliki sifat yang unggul, yaitu konduktivitas listrik yang baik, luas permukaan besar, dan stabilitas kimia yang baik. Material komposit rGO dibuat untuk mencegah rekombinasi elektron-hole dari ZnO dan menekan fotokorosi selama proses degradasi fotokatalitik.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit ZnO/rGO menggunakan metode ultrasonikasi sebagai katalis dalam mendegradasi senyawa parasetamol. Komposit ZnO/rGO dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Parameter yang digunakan untuk mengetahui titik optimum pada proses degradasi meliputi: pH, waktu, dan massa komposit ZnO/rGO yang digunakan. Sehingga diharapkan komposit ZnO/rGO dapat menjadi solusi yang efektif untuk mendegradasi senyawa parasetamol pada larutan standar dan sampel air sungai melalui metode fotokatalitik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah tertulis di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik komposit ZnO/rGO hasil sintesis yang dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR ?
2. Bagaimana pengaruh pH, massa (g/100 mL) komposit ZnO/rGO , dan waktu terhadap efektifitas degradasi fotokatalitik parasetamol ?
3. Apakah komposit ZnO/rGO dapat diaplikasikan untuk proses degradasi parasetamol pada sampel air sungai ?
4. Bagaimana kinetika degradasi fotokatalitik parasetamol ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menjelaskan karakteristik komposit ZnO/rGO hasil sintesis yang dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR.

2. Menjelaskan pengaruh pH, massa (g/100 mL) komposit ZnO/rGO, dan waktu terhadap efektifitas degradasi fotokatalitik parasetamol.
3. Mengaplikasikan komposit ZnO/rGO dalam proses degradasi parasetamol pada sampel air sungai.
4. Menentukan orde kinetika reaksi degradasi fotokatalitik parasetamol.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang degradasi parasetamol menggunakan komposit ZnO/rGO dengan metode fotokatalitik. Selain itu, diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien dan efektif dalam mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah parasetamol.