

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan yang disebabkan berbagai faktor tertentu saat ini menjadi pusat perhatian dunia. Salah satu sumber bahan pencemar yang memicu terjadinya pencemaran lingkungan, khususnya perairan umumnya berasal dari limbah hasil kegiatan industri. Beberapa tahun terakhir, studi tentang pencemaran air akibat limbah industri farmasi telah banyak dilakukan. Limbah obat-obatan yang tercemar akan menjadi polutan berbahaya yang dapat memberikan efek toksik terhadap biota air hingga efek jangka panjang pada kesehatan manusia (Al-Gharibi *et al.*, 2021). Polutan organik dari limbah hasil industri farmasi pada umumnya mengalir ke saluran pembuangan air limbah domestik, aliran air alami seperti sungai atau danau, tanah, sedimen, dan tanaman (Verma & Haritash, 2020). Berbagai jenis obat yang berpotensi terdeteksi keberadaanya di perairan pada umumnya adalah obat berjenis analgesik, antipiretik, dan antibiotik. Karena adanya kebutuhan konsumsi obat pada manusia sangat tinggi, menyebabkan produksi obat yang dilakukan oleh industri farmasi juga meningkat. Bielen *et al.* (2017) melaporkan bahwa limbah yang dihasilkan dari industri farmasi di negara-negara Asia mengandung tingkat antibiotik lebih tinggi dibandingkan dengan negara-negara bagian lain di dunia.

Amoksisilin adalah salah satu obat semisintetik yang paling umum digunakan sebagai antibiotik pada manusia dan hewan dalam keadaan terinfeksi oleh bakteri. Amoksisilin tergolong dalam antibiotik beta-laktam yang mekanisme kerjanya yaitu menghambat sintesis dinding sel bakteri (Karim & Shriwastav, 2021). Sebagai antibiotik yang banyak digunakan, amoksisilin biasanya terdeteksi pada air sungai, air limbah industri pertanian, dan air limbah industri farmasi (Li *et al.*, 2019). Pada sampel air limbah, amoksisilin diketahui keberadaanya dalam konsentrasi nanogram sampai mikrogram per liter. Meskipun dalam konsentrasi rendah, polutan dari hasil industri farmasi ini dapat menyebabkan berbagai potensi merugikan yaitu munculnya patogen resisten terhadap antibiotik dan ekotoksitas (Moradi *et al.*,

2021). Selain itu, kemampuan biodegradabilitas yang rendah membuat amoksisilin sulit untuk terurai melalui pengolahan air limbah secara konvensional.

Pengolahan air limbah merupakan tantangan besar bagi peneliti karena banyak faktor yang perlu dipertimbangkan seperti proses pengolahan, unit prapengolahan, rasio biaya, efektivitas dan dampak terhadap lingkungan. Metode degradasi berbasis fotokatalisis menggunakan sinar ultraviolet (UV) atau sinar tampak sedang dipertimbangkan dalam pengolahan air limbah sebagai *advanced oxidation processes* (AOPs) karena sifat pengoksidasi yang efisien (Al-Gharibi *et al.*, 2021). Dalam proses fotokatalisis, katalis yang disinari oleh foton dengan energi sama dengan atau lebih tinggi dari celah pita akan menghasilkan pasangan *electron-hole* dimana reaksi redoks terjadi pada permukaan katalis untuk menghasilkan spesies oksigen reaktif, seperti radikal hidroksida ($\bullet\text{OH}$) dan radikal superoksida ($\bullet\text{O}_2^-$) (X. Li *et al.*, 2021). Spesies reaktif tersebut yang akan menjadi agen utama dalam proses degradasi polutan organik dalam air limbah (Cantarella *et al.*, 2018). Katalis yang dapat digunakan pada metode degradasi senyawa organik berbasis fotokatalisis adalah berupa semikonduktor. Karena bahan semikonduktor merupakan fotokatalis heterogen yang mampu mengubah energi foton menjadi energi kimia sehingga mampu mendegradasi polutan organik pada air limbah (Vaiano *et al.*, 2018).

Semikonduktor yang sering digunakan sebagai katalis pada proses fotokatalitik diantaranya adalah TiO_2 , ZnO , CeO_2 , ZnS , CdS dan Fe_2O_3 . ZnO merupakan katalis semikonduktor dengan tingkat efisiensi yang tinggi karena memiliki beberapa kelebihan seperti biaya produksi yang relatif rendah, celah pita (*band gap*) yang lebar sekitar 3,37 eV, bersifat non toksik, memiliki mobilitas elektron yang tinggi, dan sifat fotokatalitik yang baik (Nada *et al.*, 2021). Namun, terdapat kelemahan dari semikonduktor ZnO itu sendiri yaitu mudah mengalami korosi pada saat dilakukan penyinaran. Sehingga peristiwa fotokorosi tersebut dapat membatasi pemanfaatan ZnO sebagai fotokatalis (Ngaloy *et al.*, 2019). Kelemahan yang lain dari katalis semikonduktor, khususnya ZnO terletak pada kemampuannya dalam melakukan reaksi rekombinasi sangat tinggi. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi ZnO sebagai katalis dalam proses fotokatalitik

diperlukan adanya dopan berupa logam atau material lainnya. Selain dapat memberikan penekanan terhadap fotokorosi ZnO, penambahan dopan juga dapat mencegah terjadinya reaksi rekombinasi dari fotogenerasi *electron-hole* (Wildan & Verdia, 2019).

Grafena merupakan alotrop karbon dua dimensi (2D) berlapis tunggal dengan beberapa keunggulan seperti konduktivitas yang baik, fleksibilitas mekanik, luas permukaan yang besar, dan stabilitas kimia yang tinggi. Berdasarkan karakteristik tersebut, *graphene* berpotensi untuk menjadi bahan pendukung dalam kombinasi dengan fotokatalis semikonduktor (Yuen *et al.*, 2017). *Reduced Graphene Oxide* (rGO) merupakan salah satu turunan dari *graphene* yang dapat dibuat dari Graphene Oxide (GO) dengan metode reduksi. Pengembangan fotokatalis semikonduktor ZnO yang didoping dengan rGO dapat berpotensi untuk meningkatkan efisiensi degradasi fotokatalitik polutan organik. Wang *et al.* (2020) melaporkan semikonduktor yang dikompositkan dengan *reduced Graphene Oxide* mampu meningkatkan aktivitas fotokataliknya dalam degradasi limbah fenol pada sinar tampak. Pemberian dopan pada semikonduktor menggunakan rGO berfungsi untuk menurunkan *band gap* fotokatalis karena rGO memiliki energi gap antara 1,00 eV sampai 1,69 eV tergantung derajat reduksinya (Chang *et al.*, 2013). Hal itu dilakukan bertujuan untuk mempercepat aktivasi fotokatalis melalui penyerapan energi yang lebih rendah dibandingkan dengan sebelum dikompositkan yakni untuk aktivasinya membutuhkan energi lebih tinggi. Selain itu, adanya interaksi elektronik antara ZnO dan rGO dapat mengurangi terjadinya reaksi rekombinasi *electron-hole* sehingga komposit mampu menghasilkan aktifitas fotokatalitik yang tinggi.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi fotokatalis ZnO yang dikompositkan dengan *reduce Graphene Oxide* (rGO). Sintesis komposit ZnO/rGO dilakukan menggunakan metode sonikasi dengan melarutkan *Graphene Oxide* (GO) dan ZnO pada akuades. Komposit ZnO/rGO diaplikasikan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah amoksisilin pada sampel air. Hasil sintesis komposit ZnO/rGO dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR. Faktor faktor yang mempengaruhi proses degradasi amoksisilin juga diteliti seperti pH, massa

komposit ZnO/rGO, dan waktu. Kondisi optimum yang didapatkan digunakan untuk mendegradasi limbah amoksisilin dalam air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana sintesis dan karakteristik komposit ZnO/rGO menggunakan FTIR dan XRD?
2. Bagaimana pengaruh kondisi pH, kadar komposit ZnO/rGO, dan waktu optimum dalam proses degradasi fotokatalitik amoksisilin?
3. Bagaimana kapasitas degradasi fotokatalitik amoksisilin pada limbah industri farmasi menggunakan komposit ZnO/rGO?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah

1. Menyintesis dan mengetahui karakter komposit ZnO/rGO yang dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD.
2. Mengetahui dan menjelaskan pengaruh kondisi pH, kadar komposit ZnO/rGO, dan waktu optimum yang dibutuhkan dalam proses degradasi fotokatalitik amoksisilin.
3. Mengetahui kapasitas degradasi fotokatalitik amoksisilin pada limbah farmasi menggunakan komposit ZnO/rGO.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi terkait dengan pengembangan komposit ZnO/rGO untuk degradasi polutan organik, khususnya limbah amoksisilin pada perairan. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan solusi bagi industri farmasi untuk mengolah limbah hasil industri yang mengandung amoksisilin secara efektif dan efisien, agar polutan organik yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan di sekitarnya.