

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanomaterial didefinisikan oleh National Science Foundation dan *National Nanotechnology Initiative* (NNI) sebagai material dengan ukuran ≤ 100 nanometer (nm). Material berukuran nano memiliki spesifikasi yang unik dan fungsionalitas yang menarik dengan keunggulan pada sifat mekanik, fisik, kimia dan biologi dari nanomaterial tersebut. Nanomaterial telah diaplikasikan sebagai katalis, magnetik dan elektronik (Kargozar & Mozafari, 2018). Nanoteknologi merupakan bidang penelitian yang sedang berkembang dan bersifat interdisipliner, berintegrasi dengan beberapa bidang ilmu lain yaitu teknik, medis, fisika dan kimia dalam memahami keunggulan nanomaterial (Subhan *et al.*, 2021). Material ukuran nano memiliki rasio luas permukaan terhadap volume lebih besar dari pada bulk material. Morfologi nanomaterial terdiri dari ukuran, bentuk, struktur dan luas permukaan berperan penting dalam fungsionalitasnya. Morfologi dapat dimodifikasi dari proses sintesis dari metoda tertentu (Motazed *et al.*, 2020). Bentuk nanopartikel (NPs) diklasifikasi berdasarkan pola dimensi (0 - 3) D dan masing-masing dimensi memiliki spesifikasi dan perbedaan keunggulan (Ortiz-Casas *et al.*, 2021). Di antara struktur nanomaterial tersebut, Nanorod (NRs) memiliki keunggulan karena dapat disintesis dari sebagian besar elemen (logam dan nonlogam), dan persyaratan sintesis untuk produksinya lebih fleksibel daripada untuk nanotube dan nanowire (Abdulkareem Ghassan *et al.*, 2020). Nanorods memiliki panjang yang spesifik yaitu 10-120 nm dan diameter . Memiliki luas permukaan besar. Misalnya, logam NRs, semikonduktor NRs, karbon NRs, dan oksida NRs, sangat penting untuk pengembangan perangkat elektronik, optik, magnetik, dan mikro mekanik (Abdulkareem Ghassan *et al.*, 2020).

Metoda sintesis nanomaterial ada dua yaitu; *top-down* dan *bottom-up* (Hiremath *et al.*, 2018). Proses *top down*, merupakan proses pembentukan NPs secara proses fisika, dimana pemecahan material yang berukuran besar menjadi partikel-partikel kecil dilakukan dengan *ball milling*. Sedangkan pada proses *bottom-up* dapat menghasilkan produk skala nano dengan kualitas tinggi dengan ukuran, bentuk dan struktur nano oksida logam yang dapat dikontrol sesuai

dengan yang diinginkan (Gangwar *et al.*, 2015). Tahapan *bottom up* dari suatu metoda sintesis bertujuan untuk menata atom-atom atau molekul-molekul secara berkluster dan *self assembling* serta dominan berada pada permukaan. Beberapa metode sintesis telah diterapkan untuk sintesis ZnO (Seng Oksida) NPs antara lain sol-gel (Jaballah *et al.*, 2020), hidrotermal (Fang *et al.*, 2018), presipitasi (Ikram *et al.*, 2021), *molten salt* (Zuniga *et al.*, 2018). Perbedaan pada masing-masing metoda tersebut terdapat pada alur tahapan proses dan optimasi kondisi proses, untuk desain morfologi nanopartikel untuk tujuan yang berbeda pula. Metoda sol-gel merupakan salah satu metoda sintesis sederhana, suhu rendah dan tingkat distribusi ukuran nanopartikel dengan tingkat kehomogenan tinggi. Secara umum, metode sol-gel terdiri lima tahapan proses yaitu ; hidrolisis, polikondensasi, *aging*, *drying* dan kalsinasi (Navas *et al.*, 2021). Optimasi kinerja sintesis dari metoda sol-gel, tergantung pada beberapa parameter proses antara lain, pH, pelarut, precursor, suhu, aditif, waktu dan agitasi. Metode sol-gel telah umum digunakan untuk sintesis berbagai logam dan *metal oxide nanoparticle* (MO-NP) antara lain, CeO_2 (Tumkur *et al.*, 2021), TiO_2 (Aravind *et al.*, 2021), ZnO (Rilda *et al.*, 2022), SnO_2 (Naz *et al.*, 2020) dan WO_3 (Galstyan *et al.*, 2020).

Metode sintesis sol gel dapat dilakukan secara Kimia dan Biologi. Perbedaan kedua proses ini adalah dalam hal penggunaan sumber senyawa polimer yang digunakan sebagai *capping agent* dan zat pereduksi untuk pertumbuhan kristal pada tahapan kondensasi Sol-gel (Saravanadevi *et al.*, 2020). Bahan-bahan kimia yang telah digunakan sebagai *capping agent* antara lain, polietilena glikol, polivinilpirolidon, dan kopolimer blok amfifilik (Bandeira *et al.*, 2020). Namun metode kimia pada sintesis nanomaterial tidak ramah lingkungan, ketersediaan bahan kimia yang terbatas secara komersial dan biaya yang mahal (Baskoutas, 2018). Kelemahan ini dapat diatasi dengan proses biologi yang merupakan salah satu solusi alternatif yang sedang berkembang yaitu penggunaan bahan alami sebagai sumber senyawa polimer yang berfungsi sebagai *capping agent* dan zat pereduksi berupa senyawa metabolit sekunder dan metabolit primer pada ekstrak tanaman dan sel mikroba (bakteri, *yeast*, jamur). Bahan-bahan ini memiliki beberapa keunggulan

antara lain lebih ekonomis ketika produksi skala besar, ramah lingkungan, sediaan biomassa dalam jumlah banyak dapat diperoleh dalam waktu relatif cepat dan *non-toxic* (Saravanadevi *et al.*, 2020)(Pradeev raj *et al.*, 2018). Proses biologi untuk mendapatkan nano oksida logam telah menjadi perhatian secara global karena luasnya aplikasi pada bidang medis sebagai bahan baku obat-obatan (Pradeev raj *et al.*, 2018).

Indonesia, sebagai negara tropis dan memiliki keanekaragaman hayati dengan spesies tumbuh-tumbuhan yang beraneka ragam, baik yang tumbuh secara alami maupun tanaman perkebunan. Di antaranya adalah tanaman gambir (*Uncaria gambir*), gambir merupakan tanaman yang dibudidayakan masyarakat Sumatera Barat sebagai perkebunan rakyat untuk memproduksi getah gambir sebagai obat diare dan bahan campuran dalam menyirih (Yeni *et al.*, 2017). Pada tanaman terdapat kandungan senyawa fitokimia berupa senyawa metabolit sekunder yaitu fenolik (polifenol, fenol, tannin, katekin dan asam katekutannat) yang dapat dimanfaatkan sebagai obat-obatan. Gambir memiliki khasiat sebagai adstringensia (menciutkan pori-pori), antibakteri, sifat-sifat farmakologis dan toksis yang lainnya. Sifat-sifat gambir ini banyak digunakan dalam berbagai bidang industri, seperti industri obat-obatan, tekstil, farmasi, industri penyamakan kulit dan lain-lain (Amos, 2013). Beberapa hasil penelitian yang menggunakan kandungan metabolit sekunder pada gambir untuk sintesis nanopartikel antara lain Cu NPs (Elisma *et al.*, 2019), Ag NPs (Labanni *et al.*, 2018) dan ZnO NPs (Handani *et al.*, 2020). Kandungan fitokimia pada gambir dapat digunakan sebagai agen pereduksi dan *capping agent* pada sintesis nanomaterial. Jika produksi ZnO dalam jumlah besar misalnya untuk kebutuhan industri, akan dibutuhkan ekstrak gambir dalam jumlah besar dan waktu penyediaan relatif lebih lama, dan penggunaan tanaman dalam jumlah besar dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem alam untuk masa yang akan datang. Salah satu solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan penyediaan bahan baku dengan waktu yang relatif singkat maka dapat dilakukan dengan mengisolasi sel mikroba yang terdapat pada daun gambir. Pada jaringan daun gambir dapat diisolasi sel mikroba yang hidup pada permukaannya yang diklasifikasi sebagai sel mikroba *filosphere*, dimana isolat

sel mikroba tersebut dapat lebih cepat dan lebih mudah pertumbuhannya untuk sediaan biomassa pada proses sintesis.

Pada penelitian ini sintesis ZnO-NRs dilakukan dengan pemanfaatan isolat filosphere dari daun gambir. Istilah filosphere mengacu pada komunitas mikroorganisme yang hidup di bawah hubungan simbiosis dengan tanaman, terutama pada daun, batang, kuncup dan bunga (Vogel *et al.*, 2021). Mikroorganisme ini hidup baik di permukaan organ tanaman (biasanya disebut phylloplane), di dalam jaringan tanaman (endophytic). Komunitas ini terdiri dari bakteri, virus, jamur, alga, archaea, spesies protozoa dan nematode (Carvalho & Castillo, 2018). Jamur filosphere menunjukkan kemampuan untuk mengeluarkan sejumlah besar protein dan enzim yang dapat berkontribusi pada pengurangan muatan ion logam menjadi dalam jumlah yang lebih besar, untuk produksi skala besar (Yusof *et al.*, 2019). Pada dasarnya mikroorganisme memiliki berbagai jenis enzim antara lain enzim reduktase, berfungsi sebagai sumber energi dalam reaksi enzimatik. Pada bagian lainnya ion logam akan mengalami reduksi menjadi molekul nanopartikel logam dan selanjutnya secara bersamaan enzim-enzim akan memberikan sumbangan *capping agent* yang berfungsi untuk stabilitas pada pertumbuhan nanopartikel dan sebagai agen pembatas untuk mencegah aglomerasi pada proses sintesis (Basnet & Chatterjee, 2020). Beberapa peneliti telah menggunakan sel mikroorganisme untuk biosintesis ZnO-NPs antara lain ekstrak ekstraseluler *S. cerevisiae* (Motazed *et al.*, 2020), *A. Fusarium* and *Penicillium, sp.* (Hefny *et al.*, 2019), *A. Niger* (Rilda *et al.*, 2022).

Material oksida logam merupakan nanomaterial yang dominan disintesis pada saat ini karena memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang dan non toksik seperti TiO₂ dan ZnO (Babu *et al.*, 2019). Seng oksida (ZnO) golongan semikonduktor tipe II-VI telah banyak digunakan dalam bidang fotolistrik sebagai bahan semikonduktor karena sifat fisiknya yang luar biasa, seperti energi celah pita optik yang lebar (3,37 eV), energi ikat eksiton yang besar (60 meV) (Liu *et al.*, 2021). Nanopartikel ZnO telah banyak digunakan sebagai penyaringan UV yang unik, katalitik yang tinggi, aktivitas fotokimia, antijamur dan antibakteri (Saravanadevi *et al.*, 2020). Aplikasi ZnO-NPs telah dilaporkan bahwa dapat menghambat bakteri

patogen seperti *S. aureus* (Rilda *et al.*, 2022), *P. aeruginosa* (Rilda *et al.*, 2022), *S. epidermidis* (Fournière *et al.*, 2020), *P. acnes* (McLaughlin *et al.*, 2019), dan *C. albicans* (Bakhtiari *et al.*, 2019). Sifat fotosensitif ZnO-NPs menjadikannya kandidat yang baik untuk aplikasi fotokatalitik dalam degradasi berbagai polutan. Namun pada reaksi fotokatalisis, rekombinasi pasangan elektron-hole dapat menyebabkan aktivitas fotokatalitiknya menjadi rendah (Zarei & Behnajady, 2016). Oleh karena itu diperlukan modifikasi ZnO dengan proses *doped* dengan ion Logam untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya, salah satu *doped* yang dapat digunakan yaitu Magnesium (Mg). Dilaporkan bahwa doping Mg secara signifikan menginduksi cacat pada struktur pita ZnO dan menyesuaikan celah pitanya. Sehingga doping Mg diyakini dapat mempengaruhi efikasi antibakteri ZnO serta meningkatkan kemampuan penghambatan UV (Iqbal *et al.*, 2014).

Pada penelitian untuk sintesis produk ZnO dan Mg *doped* ZnO berukuran nano dan memiliki distribusi homogenitas yang tinggi dengan satu pola dimensi nanorods digunakan isolat filosphere dari daun gambir (*uncaria*) sebagai sumber *capping agent* untuk sintesis seng oksida. Metoda digunakan metode sol gel – hidrotermal dengan optimasi proses melalui pengaturan pH dan aplikasi produk pada bidang medis, sebagai langkah awal dilakukan pengujian efektivitas, antibakteri dan anti oksidan secara in vitro.

1.2 Rumusan Masalah :

1. Apakah senyawa metabolit primer yang terdapat pada sel microbial filosphere daun gambir (*Uncaria Gambir*) dapat digunakan untuk media biosintesis ZnO dan Mg *doped* ZnO- NRs?
2. Apakah parameter pH dan komposisi prekursor mempengaruhi pembentukan morfologi dari ZnO dan Mg *doped* ZnO NRs ?
3. Apakah ZnO dan Mg *doped* ZnO NRs memiliki aktivitas bacterial dan antioksidan ketika dilakukan pengujian secara in-vitro?

1.3 Tujuan Penelitian Untuk :

1. Meneliti proses biosintesis ZnO dan Mg *doped* ZnO NRs dengan metoda sol gel-hidrotermal, menggunakan *capping agent* dari metabolit primer sel jamur filosphere daun gambir (*Uncaria Gambir*)
2. Meneliti apakah parameter pH dan komposisi ion doping Mg⁺² dapat memodifikasi morfologi (ukuran dan distribusi partikel berpola nanorod) dari ZnO dan Mg *doped* ZnO.
3. Pengujian aktivitas anti bakterial ZnO dan Mg *doped* ZnO NRs secara in vitro terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella sp.* dengan metoda difusi cakram dari dan anti oksidan dengan metoda DPPH (2,2-difenil-1-pikril hidrazil).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini untuk menemukan komponen bioaktif alternatif yang berpotensi untuk dapat digunakan pada biosintesis senyawa oksida logam ZnO yang dapat berfungsi sebagai zat antimikroba.

