

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini pencemaran lingkungan telah menjadi permasalahan dan pusat perhatian peneliti, dan telah dilakukan penanganan dengan berbagai teknologi. Namun permasalahan beberapa kasus infeksi yang disebabkan dengan peningkatan penyebaran bakteri, yang cenderung mengkontaminasi tubuh manusia belum dapat diatasi secara tuntas. Kontaminasi dapat melalui kulit atau kosmetik, tekstil, air, dan pengemasan makanan¹. Beberapa antibiotik komersil, kadangkala bersifat resisten terhadap beberapa sel mikroba patogenis, sehingga dibutuhkan senyawa antibiotik alternatif baru yang dapat mengatasi permasalahan ini. Beberapa peneliti telah menemukan senyawa sintetik yang digunakan sebagai zat anti bakteri karena dapat bersifat biokompatibilitas setara dengan antibiotik komersial dan terjamin sebagai bahan klinis yang aman. Saat ini nanomedis mulai melakukan pengembangan bahan-bahan yang bersifat antimikroba². Zat antimikroba dapat berasal dari senyawa organik dan anorganik. Keunggulan zat antimikroba anorganik antara lain, toksisitas lebih rendah terhadap inang, stabilitas tinggi, resistensi mikroba lebih rendah dan selektivitas tinggi. Sedangkan zat antimikroba organik kurang efektif dibandingkan zat antimikroba anorganik³. Zat antimikroba anorganik berupa logam atau oksida logam dapat dihasilkan melalui sintesis. *Rilda et al.*, (2023) telah menemukan senyawa *Ti doped ZnO* digunakan untuk menghambat sel mikroba dan telah di rekomendasikan untuk dilakukan uji secara *in vivo* menjadi salah satu obat infeksi sel bakteri^{4,5}.

Nanopartikel oksida logam memiliki fungsi biologis yang menarik, kemudahan untuk disintesis, dan biokompatibilitas. Nanopartikel ZnO (ZnO-NP) merupakan salah satu senyawa oksida logam yang telah menarik perhatian peneliti dan telah dimanfaatkan secara luas sebagai zat antimikroba dan sebagai katalis untuk mendegradasi beberapa polutan organik. Seng Oksida (ZnO) mudah dimodifikasi dalam ukuran, struktur dan bentuk nano, memiliki celah pita lebar yaitu 3,37 eV pada 300 K, energi pengikat tinggi (60 meV), stabilitas kimia dan termal sangat baik, non toksik, biokompatibilitas dan biodegradabilitas⁶.

Oksida logam dapat disintesis dengan metode nanoteknologi dengan pendekatan fisika dan kimia. Beberapa metode sintesis kimia telah diterapkan untuk sintesis ZnO NP antara lain sol-gel, hidrotermal, presipitasi, *molten salt*⁷. Perbedaan pada masing-masing metode sintesis tersebut adalah bagaimana mengoptimalkan kondisi proses pada alur *bottom up* dari masing-masing metode tersebut. Perbedaan

tahapan proses biasanya akan menghasilkan produk dengan desain morfologi nanopartikel sesuai yang dikehendaki. Pada penelitian ini digunakan metoda sintesis sol-gel dengan beberapa keunggulan antara lain, sederhana, suhu rendah dan tingkat distribusi ukuran nanopartikel lebih homogen. Secara umum, metode sol-gel terdiri lima tahapan proses yaitu; hidrolisis, polikondensasi, *aging*, *drying* dan kalsinasi⁸. Optimasi sintesis metoda sol-gel, tergantung pada beberapa parameter proses yaitu prekursor, pelarut, pH, Zat aditif, suhu, waktu dan agitasi. Biosintesis ZnO NP secara umum melibatkan mekanisme reaksi kimia, yaitu reaksi redoks dan koordinasi⁹. Pada proses sol gel pada tahap proses kondensasi merupakan proses pengintian kristal. Dan dilanjutkan dengan pertumbuhan kristal. Pada kondisi ini dibutuhkan zat aditif sebagai penstabil dan pereduksi agar pertumbuhan kristal terjadi secara optimal. Zat ini dapat diperoleh dari bahan alam sebagai pengganti bahan kimia antara lain dari ekstrak tanaman, sel mikroba seperti, bakteri, jamur, dan alga, yang merupakan zat aditif ramah lingkungan dan hemat energi¹⁰. *Rilda et al.*, (2021) telah menggunakan jamur *Aspergillus niger* untuk memproduksi ZnO dan diperoleh ZnO dengan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*^{11,12}. Pada penelitian ini digunakan makroalga, merupakan tumbuhan air yang mengandung berbagai macam senyawa bioaktif dengan struktur berbeda dan aplikasi biologis yang menjanjikan. Komponen utama dari makroalga adalah polisakarida yang berkisar hingga 76% dari berat kering alga¹³. Polisakarida terdiri monomer selulosa, dapat digunakan sebagai aditif yang berfungsi sebagai *capping agent* dan zat pereduksi untuk pertumbuhan nano kristal ZnO. Polisakarida makroalga telah diaplikasikan pada bidang biomedis, termasuk terapi kanker, regulasi kekebalan, aktivitas antivirus, dan antimikroba¹³.

Beberapa upaya telah difokuskan untuk meningkatkan aktivitas ZnO NP, salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan doping ion logam yang merupakan cara efektif untuk memperbaiki sifat struktur ZnO NP. Yttrium (Y^{3+}) doping ZnO dapat meningkatkan sifat optik dan katalis dari senyawa ZnO NP¹⁴. Ion Y^{3+} yang tersubstitusi pada struktur ZnO juga dapat meningkatkan pertumbuhan kristal. Menurut *Qasim et al.*, (2018) Yttrium (Y^{3+}) diprediksi dapat tersubstitusi pada struktur kristal ZnO karena jari-jari ionik Y^{3+} (1,015 Å) lebih besar dari Zn^{2+} (0,74 Å). Disamping itu, ion Y^{3+} doping ZnO dapat meningkatkan promosi oksigen untuk produksi ROS (*Reactive Oxygen Species*), sehingga dapat meningkatkan aktivitas antimikroba¹⁴.

Pada penelitian ini dilakukan biosintesis ZnO dan YZO berpola nanorod dengan aktivitas antimikroba yang tinggi melalui proses doping menggunakan Yttrium (Y^{3+}) dengan variasi komposisi ion doping, menggunakan makroalga *Ulva lactuca* sebagai sumber *capping agent* untuk pembentukan nanopartikel. Beberapa pengaturan parameter sol-gel hidrotermal dilakukan untuk memperoleh produk ZnO-NP berukuran nano, pola dimensi nanorods dan distribusi ukuran homogen, karena faktor ini menentukan aktivitas dari ZnO dan YZO ketika digunakan sebagai bahan pelapis untuk preparasi tisu antimikroba.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan bahwa:

1. Apakah makroalga hijau (*Ulva lactuca*) dapat digunakan sebagai *capping agent* untuk pembentukan Y *doped* ZnO dengan metoda sol-gel hidrotermal?
2. Apakah perbedaan komposisi *doped* ion Y (Y^{3+}) mempengaruhi morfologi ZnO yang disintesis?
3. Bagaimana sifat antibakteri Y *doped* ZnO terhadap sel bakteri patogen?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis Y *doped* ZnO dengan menggunakan *capping agent* dari makroalga hijau (*Ulva lactuca*)
2. Menganalisis pengaruh komposisi Y(III) terhadap perubahan morfologi YZO
3. Pengujian efisiensi Y *doped* ZnO sebagai zat antibakteri terhadap sel *Escherichia coli* (Gram-) dan *Bacillus subtilis* (Gram+)

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini untuk mengeksplorasi keanekaragaman sumber daya alam yang berpotensi untuk perkembangan teknologi nano dalam produksi nanomaterial oksida logam sebagai zat antimikroba.