

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan teknologi yang berkembang sangat pesat pada saat ini, dalam penyediaan material dengan ukuran nano (1-100 nm)<sup>1</sup>. Disamping itu nanoteknologi juga dapat merekayasa suatu material dalam kategori dimensi dari 0D - 3D. Material yang direkayasa berukuran nano memiliki keunggulan dalam hal sifat fisik, kimia, mekanis dan biologi yang dihasilkan melalui rekayasa morfologi struktur, ukuran nano, dimensi dan luas permukaan. Peningkatan kinerja material nano berkaitan dengan dua efek yang dihasilkan dari rekayasa tersebut yaitu efek permukaan dan efek kuantum<sup>2</sup>. Nanomaterial memiliki rasio luas permukaan lebih besar dari volume sehingga kecepatan reaksi kimia dan katalisis meningkat. Rasio luas permukaan dipengaruhi oleh pola dimensi. Keunggulan nanomaterial yang telah dimodifikasi morfologi sesuai dengan yang dibutuhkan, akan memiliki kinerja yang lebih baik dari bulk material<sup>3</sup>.

Seng oksida (ZnO) merupakan oksida logam yang menjadi perhatian peneliti dibandingkan oksida logam lainnya, karena memiliki keunggulan seperti sifat optik, elektronik, optoelektronik dan medis. ZnO memiliki nilai energi celah pita (*bandgap*) sebesar 3,37 eV dan energi eksitasi yang tinggi sebesar 60 meV sehingga ZnO memiliki aktivitas antibakteri kurang optimal<sup>4</sup>. Untuk meningkatkan aktivitas ZnO yang akan diaplikasikan pada bidang biomedis, dilakukan proses pendopingan dengan menggunakan ion logam Magnesium ( $Mg^{2+}$ ) dan Yttrium ( $Y^{3+}$ ) yang saling bersinergi untuk tersubstitusi dalam struktur ZnO. Pendopingan dapat memodifikasi sifat struktur, optik dan elektronik ZnO. Mg dan Y merupakan senyawa pelapis yang baik terhadap ZnO. Jari-jari ionik  $Mg^{2+}$  (0.71Å) yang sangat dekat dengan jari-jari ionik  $Zn^{2+}$  (0.74Å) yang memungkinkan untuk dapat tersubstitusi dalam struktur ZnO. Magnesium merupakan dopan yang menarik untuk sintesis ZnO dalam merekayasa celah pita ZnO dan mengubah penyerapannya<sup>1</sup>. Penambahan logam Y dapat memodifikasi permukaan ZnO sehingga dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya<sup>5</sup>.

Beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam merekayasa nanomaterial antara lain pemilihan metoda sintesis, jenis raw material, stoikiometri, penggunaan aditif dan pengaturan kondisi proses<sup>6</sup>. Beberapa metoda sintesis yang telah digunakan untuk sintesis nanomaterial antara lain sol-gel, hidrotermal, kopresipitasi, solvotermal, molten salt, dan pirolisis<sup>4,7</sup>. Metode sol-gel banyak dipilih untuk sintesis nanopartikel karena beberapa keunggulannya yaitu peralatan sederhana, berlangsung pada suhu rendah, dan tingkat keseragaman ukuran partikel

yang dihasilkan lebih merata. Faktor fisikokimia yang mempengaruhi optimalnya proses sol-gel antara lain yaitu prekursor, jenis pelarut, aditif polimer, pH, konsentrasi dan suhu<sup>8</sup>. Metode sol-gel terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu hidrolisis, kondensasi, *aging*, *drying*, dan kalsinasi. Metode sol-gel yang dikombinasikan dengan metode hidrotermal dapat menyempurnakan proses pertumbuhan inti kristal oksida logam<sup>6</sup>. Proses hidrotermal merupakan proses yang berlangsung pada suhu rendah, tekanan tinggi. Proses hidrotermal pada tahapan sol-gel merupakan tahapan *aging*. Secara umum tahapan *bottom up* suatu proses sol-gel dapat dilakukan secara kimia dan biologi. Perbedaan kedua proses ini adalah dalam hal penggunaan zat aditif untuk kontrol pertumbuhan nanopartikel. Beberapa bahan kimia yang sering digunakan sebagai zat aditif untuk mengontrol pertumbuhan nanopartikel diantaranya seperti karboksil metil selulosa, polietilenglikol, polivinilpirolidin, dan kopolimer<sup>9</sup>. Namun, beberapa peneliti mulai beralih menggunakan bahan alam atau disebut bahan biologi dalam biosintesis nanopartikel<sup>10</sup>. *Capping agent* dari bahan biologi berasal dari tumbuhan, sel mikroba, makroalga, dan mikroalga masing-masingnya memiliki senyawa bioaktif berupa senyawa metabolit primer atau metabolit sekunder. Senyawa tersebut merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsi, sehingga dapat berfungsi sebagai *capping agent* untuk menstabilkan pertumbuhan nanopartikel. Senyawa yang memiliki gugus fungsi seperti amina, karboksil dan hidroksil, dapat berkoordinasi dengan logam untuk menstabilkan pertumbuhan nanopartikel dan mereduksi logam sehingga membantu memodulasi stabilitas dan ukuran nanopartikel serta mencegah aglomerasi. Keunggulan bahan biologi sebagai *capping agent* antara lain lebih ekonomis untuk produksi nanopartikel dalam skala besar, efektif, efisien, murah dan ramah lingkungan.

Makroalga merupakan tumbuhan air laut, kelimpahan makroalga secara berkelanjutan dapat menyebabkan eutrofikasi dan beberapa permasalahan lingkungan laut. Pemanfaatan biomassa makroalga sebagai sumber aditif polimer untuk produksi nanopartikel ZnO, merupakan solusi dan menjadikan makroalga sebagai kandidat ideal yang efektif, ekonomis untuk produksi bio-nanomaterial pada skala industri. Makroalga mengandung karbohidrat (57,8%), protein (4.02%), lemak (1.7%), memiliki gugus karboksil dan hidroksil yang melimpah<sup>11</sup>. Makroalga memiliki spesies yang bervariasi dan dapat diklasifikasikan berdasarkan warna yaitu makroalga hijau hijau (*Ulvalactuca*, *Codium sp*), makroalga coklat (*Sargasuum Sp*, *Cystoseira baccata*, *Laminaria sp*) dan makroalga merah (*Antarctica desmarestia*, *Palmaria decipiens*)<sup>12</sup>. Penggunaan Makroalga dalam biosintesis nanopartikel juga didasari

karena tingginya kapasitas alga dalam menyerap logam<sup>10</sup>. Penggunaan makroalga sebagai sumber *capping agent* telah dilakukan oleh para peneliti dalam mensintesis oksida logam, seperti penggunaan Makroalga *Sargassum muticum* dalam sintesis nanopartikel ZnO<sup>13</sup>. Selain itu, *Ishwarya et al.*, (2018) menggunakan Makroalga *Ulva lactuca* untuk sintesis ZnO menghasilkan partikel berukuran nano dan dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik<sup>14</sup>. *Gonzalez et al.*, (2023) menggunakan Makroalga *Undaria pinnatifida* untuk sintesis Au dan Ag yang berukuran nano untuk antibakteri dan antioksidan<sup>15</sup>.

Pada penelitian ini digunakan Makroalga *Sargassum siliquosum*, kandungan senyawa bioaktif yang terdapat pada Makroalga tersebut seperti asam amino, karboksil, dan hidroksil yang berpotensi sebagai *capping agent* dalam pembentukan nanopartikel dan stabilisasi NP ZnO. *Capping agent* berfungsi untuk penstabil pertumbuhan nanopartikel, bioreduksi kation logam Zn<sup>2+</sup> agar tidak terjadi aglomerasi ketika pertumbuhan nanopartikel<sup>16</sup>.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan bahwa:

1. Apakah biosintesis NRs Mg-Y doped ZnO dapat digunakan *capping agent* yang berasal dari makroalga *Sargassum siliquosum*?
2. Apakah dengan menggunakan doped logam Mg dan Y dapat memodifikasi morfologi dari ZnO?
3. Apakah NRs Mg-Y doped ZnO dapat digunakan sebagai material biomedis?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Melakukan biosintesis NRs Mg-Y doped ZnO dengan menggunakan senyawa *capping agent* selulosa dari ekstrak makroalga *Sargassum siliquosum*
2. Memodifikasi morfologi dan ukuran dari ZnO dengan menggunakan doped ion Mg dan Y
3. Melakukan uji antibakteri dan antioksidan pada NRs Mg-Y doped ZnO sebagai material biomedis

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini digunakan untuk mengeksplorasi potensi tumbuh-tumbuhan habitat air laut dalam produksi Nano Oksida logam dengan pendekatan ramah lingkungan, murah untuk produksi material skala besar. Metode yang dihasilkan dari penelitian ini dapat berkontribusi pada perkembangan khasanah ilmu pengetahuan.