

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nanopartikel adalah material berskala nano yang memiliki ukuran berkisar antara 1 – 100 nm (Fagier, 2021). Nanopartikel oksida logam lebih efisien dibandingkan dengan material berukuran besar karena menunjukkan sifat fisika seperti dimensi, distribusi ukuran, morfologi, dan kristalinitas yang baik (Rhamdiyah & Maharani, 2022). Salah satu nanopartikel oksida logam yang banyak dikembangkan saat ini adalah seng oksida. Seng oksida (ZnO) merupakan semikonduktor anorganik tipe-n golongan II – VI yang memiliki fase heksagonal dan struktur *wurtzite* (Rhamdiyah & Maharani, 2022). ZnO memiliki lebar celah pita sebesar 3.37 eV dan energi ikat eksiton yang tinggi yaitu sebesar 60 meV (Kumar, dkk., 2016; Matinise, dkk., 2017; Pal, dkk., 2018; Rhamdiyah & Maharani, 2022). Sehingga, apabila ZnO digunakan sebagai bahan baku untuk aplikasi optoelektronik pada suhu kamar akan memiliki efektivitas dan efisiensi yang tinggi (Matinise, dkk., 2017). ZnO juga memiliki suhu leleh sebesar 2248 K yang membuatnya tahan terhadap perlakuan suhu tinggi (Fan & Lu, 2005; Vaseem, Umar, & Han, 2010; Matinisea, dkk., 2017).

Nanopartikel ZnO memiliki mobilitas elektron yang tinggi yaitu sebesar 200 cm² /Vs, stabilitas termal, dan absorbansi yang baik (Vaseem, Umar, & Han, 2010; Pal, dkk., 2018). Ditinjau dari sifat absorbansi pada rentang panjang gelombang 300 – 350 nm (sinar ultraviolet), nanopartikel ZnO dapat digunakan untuk aplikasi panel surya, pelapisan material, dan industri cat (Vaseem, Umar, & Han, 2010; Fagier, 2021). Nanopartikel ZnO juga digunakan untuk aplikasi fotokatalis (Pal, dkk., 2018), antibakteri (Naseer, dkk., 2020), sensor gas, industri farmasi, dan lain-lain (Kumar, dkk., 2016). Selain itu, nanopartikel ZnO juga dapat digunakan untuk mengetahui aktivitas antioksidan melalui metode peredaman senyawa radikal 2,2-*diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) yang menghasilkan persentase penghambatan senyawa radikal DPPH sebesar 56.60% (Sivasankarapillai, dkk., 2022).

Terdapat beberapa metode sintesis nanopartikel ZnO, di antaranya adalah hidrotermal (Lestari, dkk., 2019), solvotermal (Wang, dkk., 2021), *ball milling* (Wirunchit, dkk., 2021), sol-gel (Singh & Singh, 2020), elektrokimia (Wu, dkk., 2019), dan sonokimia (Noman, dkk., 2020). Namun, metode-metode tersebut memiliki beberapa kekurangan di antaranya membutuhkan suhu tinggi, menggunakan bahan kimia berbahaya dan beracun, serta membutuhkan biaya yang relatif tinggi (Chan, dkk., 2021; Rhamdiyah & Maharani, 2022). Oleh sebab itu, metode sintesis berbasis bahan baku tanaman (biosintesis) menjadi alternatif untuk dikembangkan. Metode biosintesis memiliki beberapa keuntungan, di antaranya adalah hemat biaya, mudah dilakukan, tidak membutuhkan suhu yang tinggi, dan ramah lingkungan (Elumalai, dkk., 2015; Pal, dkk., 2018; Verma, dkk., 2021). Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa metode biosintesis nanopartikel dengan memanfaatkan ekstrak tanaman dapat menghasilkan struktur kristal, morfologi, dan ukuran partikel yang dapat dikontrol (Nurbayasari, dkk., 2017; Naseer, dkk., 2020; Rhamdiyah, dkk., 2022).

Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu tanaman yang sudah banyak dilaporkan untuk melakukan biosintesis nanopartikel ZnO. Daun kelor termasuk ke dalam genus tunggal dari famili *Moringaceae* yang dilaporkan kaya akan β -karoten, protein, vitamin C, kalsium, dan potasium (Elumalai, dkk., 2015). Daun kelor mengandung senyawa bio-aktif dalam jumlah besar dan memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi serta penstabil yang dapat mengendalikan pertumbuhan nanopartikel ZnO (Elumalai, dkk., 2015; Matinise, dkk., 2017; Chan, dkk., 2021). Senyawa bio-aktif yang terkandung dalam daun kelor di antaranya adalah senyawa fenolik, flavonoid, asam askorbat, kartenoid, flavonon, terpenoid, polifenol, alkaloid, tanin, dan saponin (Elumalai, dkk., 2015; Naseer, dkk., 2020). Senyawa flavonoid mengandung gugus hidroksil seperti -OH yang dapat mereduksi ion logam Zn^{2+} menjadi ZnO (Nurbayasari, dkk., 2017; Naseer, dkk., 2020). Gugus hidroksil (-OH) juga mampu mencegah terjadinya agregasi antar nanopartikel dengan mengikat partikel Zn oleh ion-ion negatif sehingga mengakibatkan adanya gaya tolak-menolak antar muatan sejenis (Nurbayasari, dkk., 2017). Selain itu, gugus-gugus fungsi dari senyawa bio-aktif tanaman seperti karbonil (C=O) dan

ester (-COO-) juga dapat berinteraksi dengan ion Zn^{2+} dan membentuk nanopartikel ZnO yang stabil (Nurlina & Syahbanu, 2020).

Gugus-gugus fungsi yang disebutkan pada paragraf sebelumnya, selain membantu dalam bio-reduksi ion ke ukuran skala nano juga berperan dalam *capping agent*. Agen *capping* merupakan agen yang berperan untuk membungkus/menyelubungi partikel-partikel Zn sehingga tidak terjadi agregasi antar partikel dan dapat membentuk nanopartikel ZnO yang stabil (Nurbayasari, dkk., 2017). Berbagai mekanisme agen *capping* dalam menstabilkan ZnO dan mencegah aglomerasi partikel antara lain, yaitu mengontrol pertumbuhan partikel dengan cara menurunkan energi permukaan partikel sehingga dapat mencegah agregasi partikel, berperan sebagai reduktor ion Zn^{2+} menjadi Zn, membentuk senyawa koordinasi yang stabil dengan ion logam Zn^{2+} , dan berperan sebagai katalis yang menghasilkan ion hidroksida (Nurlina & Syahbanu, 2020).

Proses reduksi pada sintesis nanopartikel ZnO juga dipengaruhi oleh pH larutan (Anggraheni, dkk., 2020). Menurut Mata dkk, (2009) dalam Nurbayasari dkk, (2018), pH larutan yang meningkat akan menyebabkan kemampuan reduksi juga meningkat. Peningkatan proses reduksi akibat penambahan pH dapat membentuk lapisan pembungkus pada pembentukan nanopartikel ZnO, sehingga mengakibatkan diameter masing-masing partikel menjadi lebih kecil (Koutu, dkk., 2016; Nurbayasari, dkk., 2018). Ketika larutan berada pH yang tinggi, jumlah gugus hidroksil (-OH) bertambah banyak. Sehingga, peran gugus hidroksil sebagai pereduksi ion Zn^{2+} menjadi ZnO dan *agent capping* untuk menyelubungi partikel Zn agar tidak terjadi agregasi nanopartikel meningkat (Nurbayasari, dkk., 2017). Ketika pH yang digunakan rendah, maka proses reduksi ion Zn^{2+} menjadi ZnO dan *agent capping* oleh gugus hidroksil (-OH) berkurang. Sehingga, dapat mengakibatkan agregasi nanopartikel dan menyebabkan pembentukan nanopartikel ZnO dengan ukuran yang tidak dapat dikontrol (Nurbayasari, dkk., 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Gherbi dkk., (2022) melaporkan bahwa nanopartikel ZnO yang disintesis dari ekstrak daun krokot dengan variasi pH 4, 6, 9.5, dan 11 menghasilkan ukuran kristal masing-masing sebesar 27.38, 26.04, 25.39, dan 22.17 nm. Penelitian yang dilakukan oleh Batterjee dkk., (2022) melaporkan bahwa

nanopartikel ZnO yang disintesis dengan ekstrak daun *thyme* pada pH 8 menghasilkan ukuran kristal sebesar 39 – 52 nm. Rhamdiyah & Maharani (2022) juga melaporkan bahwa nanopartikel ZnO yang disintesis dengan ekstrak daun kelor pada pH 10 menghasilkan ukuran kristal sebesar 16.97 nm. Biosintesis nanopartikel ZnO dalam keadaan basa (pH tinggi) dapat mengurangi ukuran partikel (Koutu, dkk., 2016; Gherbi, dkk., 2022).

Apabila dibandingkan dengan jenis daun lainnya (daun sirsak, teh hijau, dan daun jarak pagar), kemampuan antioksidan daun kelor diyakini sangat kuat (Elumalai, dkk., 2015; Susanty, dkk., 2019; Sitompul & Sutriningsih, 2017; Fajar, dkk., 2018; Setyaningsih, dkk., 2014). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Susanty dkk., (2019) melaporkan bahwa ekstrak daun kelor menghasilkan aktivitas antioksidan sangat kuat sebesar 4.289 ppm. Penelitian yang dilakukan oleh Rizkayanti, dkk., (2017) melaporkan bahwa ekstrak daun kelor menghasilkan aktivitas antioksidan sangat kuat sebesar 22.1818 ppm. Aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor yang dihasilkan dari kedua penelitian tersebut memiliki nilai yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pelarut etanol yang digunakan pada saat ekstraksi maserasi memiliki konsentrasi yang berbeda. Daun kelor yang diekstrak menggunakan pelarut etanol 70% memiliki aktivitas antioksidan lebih kuat dibandingkan dengan pelarut etanol absolut (96 – 100%). Penelitian yang dilakukan oleh Fitriana, dkk (2016) juga melaporkan bahwa ekstrak daun kelor menghasilkan aktivitas antioksidan sangat kuat sebesar 40.20 $\mu\text{g/ml}$.

Berdasarkan karakteristik daun kelor yang memiliki sifat antioksidan sangat kuat akibat tingginya kandungan flavonoid, maka daun kelor dapat digunakan sebagai bahan baku biosintesis nanopartikel ZnO. Penelitian yang dilakukan oleh Rhamdiyah & Maharani (2022) melaporkan bahwa nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun kelor untuk aplikasi fotokatalis dan antibakteri dan menghasilkan rata-rata ukuran kristal yaitu sebesar 16.97 nm. Penelitian yang dilakukan Pal dkk, (2018) juga melaporkan bahwa nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun kelor untuk aplikasi fotokatalis dan antibakteri dan menghasilkan rata-rata ukuran kristalit yaitu sebesar 52 nm. Matinise dkk, (2017) bahwa nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis

menggunakan ekstrak daun kelor dan menghasilkan ukuran partikel berkisar antara 12.27 – 30.51 nm. Elumalai dkk, (2015) juga melaporkan bahwa nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun kelor untuk aplikasi antibakteri dan menghasilkan ukuran partikel yaitu sebesar 24 nm.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mempelajari biosintesis dan karakterisasi nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak daun kelor dengan variasi pH larutan asam, netral, dan basa untuk pengujian aktivitas antioksidan.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah yang perlu dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana biosintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak daun kelor?
2. Apakah variasi pH larutan pada proses biosintesis akan mempengaruhi karakteristik struktur kristal, morfologi, sifat optik, dan gugus fungsi nanopartikel ZnO?
3. Bagaimana aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO yang dihasilkan dari proses biosintesis menggunakan ekstrak daun kelor dengan variasi pH larutan?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari metode biosintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak daun kelor.
2. Menganalisis pengaruh variasi pH larutan pada proses biosintesis dan karakteristik struktur kristal, morfologi, sifat optik, dan gugus fungsi nanopartikel ZnO.
3. Menganalisis aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO yang dihasilkan dari proses biosintesis menggunakan ekstrak daun kelor dengan variasi pH larutan.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dipaparkan, manfaat dalam penelitian ini yaitu dapat mempelajari metode biosintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak

daun kelor. Selanjutnya, dapat menganalisis pengaruh variasi pH larutan pada proses biosintesis dan karakteristik struktur kristal, morfologi, sifat optik, dan gugus fungsi nanopartikel. Terakhir, dapat menganalisis aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO yang dihasilkan dari proses biosintesis menggunakan ekstrak daun kelor dengan variasi pH larutan.

