

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Nanoteknologi telah mengalami perkembangan yang pesat karena aplikasinya yang luas dalam bidang sains dan kesehatan. Salah satu penerapan nanoteknologi yang sedang berkembang adalah nanopartikel yang dikenal karena sifat antimikroba, fotokatalitik, dan konduktivitas listriknya. Nanopartikel banyak diterapkan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang pengobatan karena aktivitas antibakteri yang dimiliki. Rhamdiyah dkk., (2022) menyatakan bahwa nanopartikel ZnO hasil biosintesis menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap patogen *Staphylococcus aureus* (Gram positif) dan *Escherichia coli* (Gram negatif) serta kemampuan fotodegradasi yang baik. Penelitian Fatoni dkk., (2020) menunjukkan bahwa kitosan-ZnO mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dengan zona hambat yang semakin meningkat dengan semakin meningkatnya konsentrasi nanopartikel kitosan-ZnO. Uji aktivitas antibakteri dengan metode difusi juga terbukti menunjukkan nanopartikel CuO efektif melawan isolat klinis *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA), *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Stenotrophomonas maltophilia* dengan Minimum Inhibitory Concentration (MIC) 62,5–125 µg/ml. Penelitian Yu dkk., (2025) juga menunjukkan aktivitas antibakteri nanopartikel tembaga yang kuat dan secara efektif menghambat pertumbuhan empat strain mikroorganisme yang berbeda. Berdasarkan temuan tersebut, nanopartikel kombinasi bimetal oksida antara logam tembaga dan seng diharapkan berpotensi untuk meningkatkan sifat antibakteri menjadi lebih kuat dibandingkan dengan bentuk monometalnya masing-masing. Penelitian Daimari & Deka, (2024) menunjukkan adanya aktivitas antibakteri pada nanopartikel CuO/ZnO dengan hasil zona hambat untuk bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* masing-masing 20,7 mm, 21,2 mm, dan 15,4 mm.

Sintesis nanopartikel umumnya dilakukan melalui dua pendekatan yaitu *top down* dan *bottom up* (Mazhar dkk., 2017). Meskipun sintesis nanopartikel secara kimia sangat banyak digunakan, metode ini masih memiliki kelemahan, yaitu menghasilkan produk sampingan yang dapat membahayakan lingkungan. Pendekatan secara fisika seperti evaporasi dan *ball milling* juga memiliki kelemahan, seperti memerlukan peralatan yang canggih dan umumnya memerlukan energi dan biaya yang tinggi untuk menghasilkan partikel berukuran nanometer. Berbagai alasan di atas menyebabkan perlunya dikembangkan pendekatan alternatif untuk melakukan sintesis nanopartikel.

Metode *green synthesis* menjadi salah satu alternatif lain yang dianggap lebih efektif digunakan untuk sintesis nanopartikel dibandingkan dengan metode konvensional. Pemanfaatan metode *green synthesis* mengurangi bahkan menghilangkan penggunaan senyawa-senyawa beracun, sehingga dapat menghasilkan produk yang lebih aman dan bersih (Singh dkk., 2018). Selain itu, metode *green synthesis* juga menawarkan kelebihan dalam hal hemat biaya dan energi (Akhtar dkk., 2013).

Berbagai macam ekstrak tanaman telah digunakan sebagai bioreduktor dalam proses *green synthesis* nanopartikel, salah satunya daun kelor. Berdasarkan penelitian Untarto Swandono dkk., (2024) daun kelor terbukti mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder di dalamnya, seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan terpenoid. Pemanfaatan daun kelor dalam proses sintesis nanopartikel Ag juga terbukti menunjukkan adanya proses reduksi Ag^+ menjadi Ag^0 dengan ukuran nanometer dan mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dengan zona hambat yang dihasilkan sebesar 1,44 cm dan 1,25 cm (Nurfadia dkk., 2024). Hal ini menjadi salah satu bukti bahwa ekstrak daun kelor dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel dan menunjukkan adanya potensi sebagai antibakteri karena adanya kombinasi sifat antibakteri dari ekstrak daun kelor dan logamnya dalam sintesis nanopartikel.

Beberapa penelitian terkait sintesis nanopartikel tembaga dan seng menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai bioreduktor, di antaranya adalah penelitian Fatoni dkk., (2020) yang melakukan sintesis nanopartikel ZnO dengan ekstrak air daun jambu biji (*Pisidium guajava L.*) dan memperoleh ukuran partikel

16,54 nm dan rata-rata zona inhibisi terhadap bakteri *Escherichia coli* pada konsentrasi 10000, 5000, dan 2500 mg/L berturut-turut adalah 30,57; 25,97; dan 23,10 mm. Amin dkk., (2021) juga berhasil mensintesis nanopartikel CuO menggunakan ekstrak daun *Aerva javanica* dan memperoleh ukuran partikel 18-23 nm dengan kemampuan menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 12 ± 1 mm dan *Escherichia coli* sebesar 6 ± 1 mm pada konsentrasi 100 $\mu\text{g/mL}$. Namun, sejauh ini belum ada penelitian terkait sintesis nanopartikel bimetal oksida CuO/ZnO menggunakan ekstrak daun kelor sebagai bioreduktor. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai sintesis nanopartikel CuO/ZnO menggunakan ekstrak daun kelor serta uji aktivitasnya sebagai antibakteri terhadap strain bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan Gram negatif (*Escherichia coli*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh volume ekstrak daun kelor terhadap rendemen hasil *green synthesis* nanopartikel CuO menggunakan prekursor $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 1 M?
2. Bagaimana pengaruh volume ekstrak daun kelor terhadap rendemen hasil *green synthesis* nanopartikel ZnO menggunakan prekursor ZnCl_2 1 M?
3. Bagaimana rasio rendemen CuO dan ZnO dari *green synthesis* nanopartikel CuO/ZnO pada kondisi optimum CuO?
4. Bagaimana rasio rendemen CuO dan ZnO dari *green synthesis* nanopartikel CuO/ZnO pada kondisi optimum ZnO?
5. Bagaimana pengaruh komposisi nanopartikel terhadap aktivitas antibakteri yang ditunjukkan oleh nanopartikel CuO, ZnO, nanopartikel bimetal oksida CuO/ZnO hasil *green synthesis* pada kondisi optimum, serta campuran fisik CuO dan ZnO dengan rasio mol 1:1?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menentukan pengaruh volume ekstrak daun kelor terhadap rendemen hasil *green synthesis* nanopartikel CuO menggunakan prekursor $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 1 M.
2. Untuk menentukan pengaruh volume ekstrak daun kelor terhadap rendemen hasil *green synthesis* nanopartikel ZnO menggunakan prekursor ZnCl_2 1 M.
3. Untuk menentukan rasio rendemen CuO dan ZnO dari *green synthesis* nanopartikel CuO/ZnO pada kondisi optimum CuO.
4. Untuk menentukan rasio rendemen CuO dan ZnO dari *green synthesis* nanopartikel CuO/ZnO pada kondisi optimum ZnO.
5. Untuk menentukan pengaruh komposisi nanopartikel terhadap aktivitas antibakteri yang ditunjukkan oleh nanopartikel CuO, ZnO, nanopartikel bimetal oksida CuO/ZnO hasil *green synthesis* pada kondisi optimum, serta campuran fisik CuO dan ZnO dengan rasio mol 1:1.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi terbaru terhadap dunia pengetahuan dan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi nanopartikel bimetal oksida CuO/ZnO dengan bioreduktor yang ramah lingkungan khususnya ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*). Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan dasar bagi penelitian lebih lanjut mengenai optimasi sintesis, karakterisasi, serta aplikasi medis atau industri dari nanopartikel CuO/ZnO berbasis metode *green synthesis*.

2. Manfaat Praktis

Nanopartikel bimetal oksida CuO/ZnO yang disintesis menggunakan ekstrak daun kelor dapat berpotensi dikembangkan sebagai alternatif antibakteri alami untuk pengobatan infeksi yang disebabkan oleh bakteri Gram positif dan Gram negatif.