

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Resistensi antimikroba telah berkembang menjadi ancaman yang serius di berbagai negara. Menurut WHO (2024), resistensi mikroba dapat menyebabkan hingga 10 juta kematian pada tahun 2050, dibandingkan dengan kematian oleh penyakit lain. Sedangkan di Indonesia sendiri terdapat 135.000 kematian yang berkaitan dengan resistensi antimikroba. Resistensi mikroba di Indonesia menduduki peringkat ke-8 dari 27 negara dengan predikat *multidrug-resistant* tertinggi di dunia. Hal ini menunjukkan bahwa resistensi antimikroba menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat global.

Meningkatnya resistensi mikroba di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain penggunaan antibiotik yang tidak rasional serta lemahnya pengawasan dalam distribusi dan penggunaan obat. Sebagai upaya mengatasi masalah ini, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia telah mengimplementasikan Program Pengendalian Resistensi Antimikroba (KPRA) melalui Peraturan Menteri Kesehatan No. 8 Tahun 2015. Program ini mencakup peningkatan pengawasan di fasilitas layanan kesehatan serta edukasi penggunaan antibiotik secara bijak (Agustina & Izzati, 2020). Meskipun demikian, resistensi mikroba terus berkembang pesat sehingga memerlukan pendekatan alternatif yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Salah satu pendekatan inovasi baru yang tengah dikembangkan dalam penanganan resistensi mikroba, adalah pengembangan penelitian di bidang nanoteknologi yang mengacu pada manipulasi material pada skala nanometer yang dapat menghasilkan nanopartikel. Nanopartikel sendiri merupakan partikel berukuran sangat kecil dalam rentang 1–100 nm, dan sering diklasifikasikan sebagai sistem koloid submikronik ($<1 \mu\text{m}$) (Jayachandran et al., 2021). Salah satu inovasi nanopartikel yang paling menjanjikan dalam upaya mengatasi resistensi mikroba adalah nanopartikel zink oxide (ZnO) (Alfina et al., 2022). Teknologi ini memiliki potensi besar untuk menawarkan solusi yang berguna untuk memerangi mikroba yang resisten terhadap antibiotik. Dengan ukuran kecil, nanopartikel ZnO memiliki karakteristik fisik dan kimia yang unik, yang memungkinkan mereka digunakan dalam berbagai bidang kesehatan, termasuk sebagai agen antimikroba (Mendes et al., 2022).

Nanopartikel zink oxide (ZnO) menjadi subjek penelitian yang dapat menghasilkan spesi oksigen reaktif atau *reactive oxygen species* (ROS), yang memiliki kemampuan untuk merusak membran sel bakteri secara langsung dan mengurangi kemungkinan resistensi mikroba. Verma, (2023) melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki kemampuan untuk melawan baik bakteri gram-positif maupun gram-negatif. Ini menunjukkan bahwa nanopartikel ini dapat berfungsi sebagai kandidat untuk mengatasi resistensi antibiotik Verma et al. (2023). Selain itu, sifat antioksidan dan fotokatalitik nanopartikel ini meningkatkan kemampuan mereka dalam berbagai aplikasi medis, termasuk pengobatan kanker, pengobatan luka, dan desinfeksi lingkungan (Fouda et al., 2022).

Dalam pengembangannya, metode biosintesis nanopartikel ZnO dengan ekstrak tumbuhan alami telah mendapat perhatian lebih banyak dalam beberapa tahun terakhir. Jika dibandingkan dengan metode kimia konvensional yang sering menggunakan bahan kimia beracun, metode ini lebih ramah lingkungan dan berpotensi meningkatkan aktivitas biologis nanopartikel. Menurut Fauzan, (2023) bahwa senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuhan memiliki kemampuan untuk meningkatkan stabilitas dan aktivitas biologis nanopartikel yang

dibuat Fauzan et al. (2023). Oleh karena itu, diperlukan eksplorasi lebih luas lagi terhadap sumber alami yang dapat digunakan dalam biosintesis ini.

Salah satu bahan alami yang potensial digunakan dalam biosintesis nanopartikel ZnO adalah kulit duku (*Lansium domesticum* Corr). Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang luar biasa dan memiliki banyak tanaman yang memiliki potensi bioaktif yang belum sepenuhnya dimanfaatkan (Pehino et al., 2021). Sering dianggap limbah, kulit duku ternyata mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, polifenol, tanin, dan saponin. Senyawa-senyawa ini memiliki kemampuan untuk memperlambat dan menstabilkan proses biosintesis nanopartikel. Kulit duku adalah salah satu bahan alternatif yang berkelanjutan yang dapat dimanfaatkan kembali untuk produksi nanopartikel ZnO (Lesmi Ekawati Sera Putri et al., 2024).

Biosintesis nanopartikel ZnO dengan ekstrak kulit duku juga penting dalam upaya global untuk mengatasi resistensi antimikroba karena nanopartikel ini menawarkan pendekatan multifaset untuk menyerang mikroba, mengurangi kemungkinan resistensi karena mekanismenya yang kompleks. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sani Aliero et al., (2025) menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO yang disintesis secara biologis memiliki aktivitas antimikroba yang lebih tinggi dari pada nanopartikel yang dibuat dengan cara kimia.

Meskipun nanopartikel ZnO memiliki potensi besar dalam aplikasi medis, beberapa tantangan perlu diperhatikan. Salah satu kendala utama adalah potensi toksisitasnya terhadap sel manusia dan lingkungan jika tidak dikontrol dengan baik. Selain itu, stabilitas dan kemampuan produksi nanopartikel juga menjadi faktor penting dalam aplikasinya di industri farmasi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan metode biosintesis agar menghasilkan nanopartikel dengan keamanan dan efektivitas yang lebih tinggi (Fitriana et al. 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel Zinc Oxide (ZnO) menggunakan ekstrak air kulit duku sebagai agen pereduksi dan penstabil alami dalam proses *green sintesis* yang ramah lingkungan. Pemanfaatan kulit duku sebagai bahan hayati lokal tidak hanya mendukung prinsip kimia hijau dan pengurangan limbah organik, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi sintesis dibandingkan metode konvensional. Untuk memastikan keberhasilan sintesis, nanopartikel yang dihasilkan akan dikarakterisasi menggunakan berbagai metode analisis seperti UV-Vis, FT-IR, PSA, SEM, TEM, SRI, DSC, dan TGA guna menentukan ukuran partikel, bentuk, morfologi, dan sifat fisiknya secara menyeluruh. Selain itu, nanopartikel ZnO yang diperoleh akan diuji terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans* untuk menghasilkan aktivitas antibakteri dan antijamurnya, sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan agen antimikroba alternatif berbasis nanoteknologi yang efektif dan berkelanjutan. Dengan menggabungkan teknologi nanomaterial dan sumber daya alam lokal, penelitian ini memiliki potensi besar dalam mendukung inovasi farmasi modern sekaligus pelestarian lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut:

- 1.2.1 Bagaimana cara menyintesis nanopartikel zinc oxide (ZnO) menggunakan ekstrak air kulit duku dengan metode green synthesis?
- 1.2.2 Bagaimana karakteristik fisikokimia nanopartikel ZnO yang dihasilkan, seperti ukuran, morfologi, dan struktur Kristal?
- 1.2.3 Apakah nanopartikel ZnO yang disintesis dari kulit duku memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur yang signifikan?

1.3 Tujuan Umum

Mengembangkan metode biosintesis nanopartikel zink oxide (ZnO) menggunakan ekstrak air kulit duku (*Lansium domesticum* Corr) sebagai agen reduktor dan penstabil, yang ramah lingkungan. Serta mengevaluasi karakteristik fitokimia, dan aktifitas antimikroba terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan jamur *Candida albicans*.

1.4 Tujuan Khusus

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah dalam penelitian ini maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- 1.4.1 Menyintesis nanopartikel zinc oxide (ZnO) menggunakan ekstrak air kulit duku sebagai agen reduktor dan penstabil dalam proses green synthesis yang ramah lingkungan.
- 1.4.2 Mengkarakterisasi nanopartikel ZnO yang dihasilkan untuk menentukan ukuran, bentuk, morfologi, dan sifat fisiknya menggunakan metode seperti spektroskopi UV-Vis, FT-IR, PSA, SEM, TEM, SRI, DSC, TGA.
- 1.4.3 Menguji aktivitas antibakteri dan antijamur dari nanopartikel ZnO terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan jamur *Candida albicans* untuk mengevaluasi efektivitasnya sebagai agen antimikroba.
- 1.4.4 Menganalisis potensi ekstrak air kulit duku dalam meningkatkan efisiensi sintesis nanopartikel ZnO dibandingkan dengan metode konvensional.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penggunaan ekstrak kulit duku (*Lansium domesticum* Corr) sebagai berikut:

- 1.5.1 Menghasilkan nanopartikel ZnO dengan metode biosintesis yang lebih aman dan berkelanjutan.
- 1.5.2 Menyediakan solusi baru untuk mengatasi infeksi bakteri dan jamur yang resisten terhadap antibiotik konvensional.
- 1.5.3 Menggunakan ekstrak air kulit duku sebagai bahan alami untuk biosintesis, mendukung keberlanjutan sumber daya lokal dan pemanfaatan limbah kulit duku.
- 1.5.4 Memberikan wawasan baru tentang biosintesis nanopartikel ZnO dan aplikasinya dalam bidang farmasi dan kesehatan.