

BAB I . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tengah tingginya paparan polusi udara dan perubahan gaya hidup tidak sehat seperti konsumsi makanan bernutrisi tidak seimbang, kurangnya olahraga, merokok, serta minum alkohol, masyarakat mengalami penumpukan radikal bebas yang merusak komponen seluler seperti lipid, protein, dan DNA (Muthia *et al.*, 2019). Radikal bebas merupakan molekul tidak stabil dengan elektron tak berpasangan, terbentuk dari metabolisme normal yang memproduksi Reactive Oxygen Species (ROS), namun berlipat ganda akibat faktor eksternal seperti polusi, radiasi, dan zat kimia berbahaya, memicu reaksi berantai oksidatif yang menurunkan produksi antioksidan alami tubuh (Maharani *et al.*, 2021). Penumpukan radikal bebas yang berkelanjutan menjadi pemicu utama munculnya berbagai penyakit degeneratif kronis, termasuk diabetes mellitus, gangguan kardiovaskular, stroke, hingga demensia dan kanker (Muthia *et al.*, 2019).

Salah satu mekanisme yang dapat menangkal atau mengurangi radikal bebas adalah antioksidan. Antioksidan adalah zat yang dapat mencegah atau memperlambat kerusakan pada sel yang disebabkan oleh radikal bebas, dengan molekul stabil yang mampu memberikan elektron kepada radikal bebas yang sangat reaktif, sehingga dapat menetralkan dan mengurangi potensi bahaya radikal bebas (Atasoy & Yücel, 2021). Secara alami, tubuh manusia memiliki sistem pertahanan antioksidan endogen, seperti enzim *superoxide dismutase* (SOD), katalase (CAT), dan glutathion peroksidase (GPx), (Sekhon-Loodu & Rupasinghe, 2019). Asupan antioksidan eksogen tambahan sering kali dipenuhi melalui konsumsi suplemen vitamin A, C dan E atau tambahan pangan sintetis. Namun, konsumsi suplemen tersebut dalam dosis tinggi dan jangka panjang pada yang beresiko justru dapat menimbulkan efek pro- oksidan (Merzouk *et al.*, 2020). Selain itu, penggunaan bahan tambahan sintetis seperti BHA dan BHT memiliki potensi efek karsinogenik (Kamoda *et al.*, 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan sumber antioksidan alternatif dari bahan-bahan alami yang lebih aman.

Berbagai studi telah mengungkapkan genus *Curcuma* sebagai salah satu genus

antioksidan paling potensial di antara famili Zingiberaceae. Hal ini didasarkan pada kekayaan senyawa metabolit sekundernya, seperti alkaloid, saponin, fenolik, flavonoid, minyak atsiri, dan triterpenoid (Sari & Nasuha, 2021). Penelitian Aini *et al.* (2023) menunjukkan efektivitas rimpang kunyit hitam (*Curcuma caesia* Roxb.) dalam menghambat produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) serta menekan nekrosis sel pada tubulus ginjal. Selain itu, senyawa antioksidan dalam ekstrak kunyit (*Curcuma longa*) khususnya kurkumin, berperan krusial dalam mengurangi stres seluler dengan cara menetralkan radikal bebas yang berbahaya (Slaček *et al.*, 2023). Mekanisme ini sejalan dengan aktivitas antioksidan pada temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) yang melibatkan donasi elektron dan stabilisasi proton untuk menstabilkan molekul radikal bebas (Asyhar *et al.*, 2023)

Salah satu spesies *Curcuma* endemik dari Sumatera Barat adalah *Curcuma sumatrana* atau dikenal dengan nama lokal koenih rimbo. Tanaman ini merupakan tanaman terestrial yang banyak tumbuh di wilayah Barisan Range seperti Maninjau, Sianok, dan Lembah Anai (Ardiyani *et al.*, 2011). *C. Sumatrana* telah menarik perhatian karena memiliki potensi farmakologis yang menjanjikan. Berbagai studi terbaru telah mengungkap kandungan profil fenolik yang berkaitan erat dengan aktivitas antioksidan serta sifat antikanker (Alamsjah *et al.*, 2023; Rahman *et al.*, 2022). Ekstrak etanol *C. Sumatrana* diketahui mengandung 22 senyawa bioaktif yang berpotensi besar sebagai antioksidan alami (Rahman *et al.*, 2024). Salah satu senyawa utamanya, *9,10-Epoxy-12-octadecenoate*, diketahui mampu berikatan kuat dengan enzim pelindung tubuh dan mengaktifkan jalur pensinyalan Nrf2 untuk melawan kerusakan seluler (Petrovsky *et al.*, 2025). Selain itu, kandungan Chamazulene dalam ekstrak ini memiliki peran krusial sebagai antioksidan yang terbukti secara signifikan dapat meningkatkan aktivitas enzim SOD, GPx, dan CAT, serta mengembalikan kadar GSH menuju kondisi normal (Wang, Dong, Jin, *et al.*, 2020). Kandungan senyawa bioaktif tersebut berkontribusi signifikan pada kemampuan *C. Sumatrana* dalam menangkal radikal bebas yang bersifat hidrofobik dan lipofilik terutama dalam mencegah kerusakan hati alkoholik (Das *et al.*, 2018; Petrovsky *et al.*, 2025). Meskipun memiliki potensi yang besar, ekstrak etanol *C. Sumatrana* juga mengandung senyawa tertentu yang memerlukan perhatian khusus karena adanya

risiko toksisitas bagi kesehatan. Berdasarkan kriteria toksisitas AMES, ditemukan senyawa Helenalin yang bersifat mutagenik serta 4-Phenylbutyric Acid (4-PBA) yang dikategorikan sebagai zat hepatotoksik atau pemicu kerusakan hati (Rahman, 2024). Adanya kandungan zat berisiko ini, ditambah dengan kurang efektifnya ekstrak dalam menangkal radikal bebas bersifat hidrofilik (Petrovsky et al., 2025), menjadi kendala dalam pemanfaatannya secara langsung sebagai terapi yang aman. Oleh karena itu, diperlukan langkah alternatif seperti penggunaan teknologi nano partikel untuk mengatasi keterbatasan stabilitas, kelarutan, dan bioavailabilitas, nanoteknologi memberikan solusi inovatif melalui rekayasa material menjadi ukuran nanopartikel (NPs) (Najahi-Missaoui et al., 2021). Ukuran yang sangat kecil ini menghasilkan luas permukaan yang besar, yang berpotensi meningkatkan stabilitas dan kemampuan penyerapan senyawa bioaktif (Khatami et al., 2018). Salah satu material nanopartikel logam yang paling banyak diteliti dalam bidang biomedis adalah nanopartikel perak (AgNPs), yang dikenal memiliki sifat antibakteri, antijamur, dan antiinflamasi yang unggul (Adam et al., 2022).

Untuk meminimalkan risiko penggunaan bahan kimia sintetik, pengembangan formulasi nanopartikel ini dilakukan melalui pendekatan sintesis hijau (*green synthesis*) dengan memanfaatkan ekstrak *C. Sumatrana* sebagai agen pereduksi ion perak (Ag^+) sekaligus agen penstabil. Kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, tanin, dan saponin dalam ekstrak berperan penting dalam mereduksi ion logam menjadi Nanopartikel Perak (AgNPs) yang memiliki sifat antibakteri, antioksidan, dan anti-inflamasi (Adam et al., 2022). Metode menghasilkan AgNPs dengan tingkat toksisitas yang jauh lebih rendah dibandingkan sintesis kimia (Younas et al., 2022). Guna memvalidasi potensi biologisnya, aktivitas antioksidan nanopartikel dapat dievaluasi melalui metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat) dan FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). Ketiga metode pengukuran aktivitas antioksidan tersebut dibedakan berdasarkan reaksi reduksi dari radikal oleh antioksidan (Ezra et al., 2023).

Berbagai kajian ilmiah telah membuktikan potensi *C. Sumatrana* sebagai kandidat material obat alternatif alami yang menjanjikan. Akan tetapi, hingga saat ini eksplorasi

mengenai pengembangan formulasinya sebagai sediaan nanopartikel untuk meningkatkan aktivitas biologis masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian mengenai potensi antioksidan *C. Sumatrana* yang diformulasikan ke dalam bentuk nanopartikel perak berbasis ekstrak *C. Sumatrana*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisik nanopartikel perak *C. Sumatrana*, ditinjau dari perubahan warna, puncak absorbansi pada *UV-Vis Spectrophotometry*, rata-rata ukuran partikel melalui *Particle Size Analyzer (PSA)*, serta interaksi elektrostatis nanopartikel melalui nilai *Zeta Potential*?
2. Apakah nanopartikel perak *C. Sumatrana* menunjukkan aktivitas antioksidan berdasarkan mekanisme penangkapan radikal (DPPH dan ABTS) serta daya reduksi besi (FRAP)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik fisik nanopartikel perak *C. Sumatrana*, yang meliputi pengamatan perubahan warna, penentuan puncak absorbansi menggunakan spektrofotometri UV-Vis, pengukuran distribusi ukuran partikel dengan *Particle Size Analyzer (PSA)*, serta penentuan tingkat stabilitas partikel melalui nilai *Zeta Potential*
2. Mengevaluasi aktivitas antioksidan nanopartikel perak *C. Sumatrana* melalui mekanisme penangkapan radikal bebas menggunakan metode DPPH, ABTS, dan FRAP

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi pengembangan ilmu pengetahuan mengenai efektivitas antioksidan ekstrak *C. sumatrana* yang diformulasikan dalam bentuk nanopartikel perak *C. Sumatrana*. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai acuan untuk informasi lebih mendalam mengenai pengembangan terapi antioksidan berbasis bahan alami yang tidak hanya efektif, tetapi juga memiliki profil keamanan yang tinggi serta bebas dari resiko efek toksik.