BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infeksi bakteri, terutama yang disebabkan oleh organisme yang resistan terhadap antimikroba, merupakan masalah kesehatan masyarakat di seluruh dunia (Murray *et al*., 2022).Spesies bakteri tertentu telah terbukti mengatur respons pro- dan anti-inflamasi pada kulit. Interaksi antara mikrobioma dan inflamasi kulit telah dikaitkan dengan kondisi seperti dermatitis atopik, psoriasis, penyakit jaringan ikat, dan gangguan inflamasi autoimun lainnya seperti lupus eritematosus (Stec *et al*., 2023).

Nanoteknologi telah memungkinkan evolusi terapi obat dengan memperkenalkan perawatan yang lebih tepat dan efektif. Area seperti onkologi, kardiologi, nefrologi, dan kedokteran genetik telah menyaksikan kemajuan transformatif karena penerapan bahan skala nano dan sistem rekayasa (Akhtar & Gupta, 2024).

Nanoteknologi mencakup bidang ilmu pengetahuan dan rekayasa interdisipliner yang luas yang berfokus pada pemahaman dan manipulasi materi pada skala atom dan molekul (Hassan *et al*., 2025). Pada intinya, nanoteknologi melibatkan desain, pengembangan, dan penyebaran material dan perangkat dengan dimensi yang diukur dalam nanometer (Hassan *et al*., 2025). Misalnya, terapi gen telah memanfaatkan nanopartikel untuk meningkatkan efisiensi pengiriman, sering kali memanfaatkan vektor virus yang direkayasa pada skala nano untuk mengangkut agen terapeutik langsung ke sel yang ditargetkan (Sayed *et al*., 2024).

Nanopartikel dibedakan oleh rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi, suatu karakteristik yang memungkinkan kapasitas pemuatan obat yang unggul dan sirkulasi yang ditingkatkan melalui aliran darah. Ukuran skala nano mereka memberi mereka sifat fisik dan kimia yang unik, termasuk perilaku optik, magnetik, mekanis, dan katalitik yang disesuaikan, menjadikannya kandidat ideal untuk berbagai aplikasi biomedis (Wani *et al*., 2022). Berikut ini adalah beberapa manfaat teknologi yang signifikan dari nanopartikel sebagai pembawa obat: stabilitas tinggi (yaitu, umur simpan yang lama); kapasitas pembawa yang tinggi (yaitu, banyak molekul obat dapat dimasukkan dalam matriks partikel); kelayakan

menggabungkan zat hidrofilik dan hidrofobik; dan kelayakan beberapa rute pemberian, termasuk oral dan inhalasi. Pembawa ini juga dapat dikembangkan untuk memungkinkan pelepasan obat yang diatur (jangka panjang) dari matriks (Kazi *et al*., 2025).

Nanopartikel dapat direkayasa untuk merespons rangsangan tertentu seperti cahaya, suhu, atau medan magnet. Misalnya, partikel berbasis logam tertentu menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi panas, fitur yang dapat digunakan untuk menghancurkan sel kanker secara selektif, sebuah proses yang dikenal sebagai terapi fototermal (Hheidari *et al*., 2024). Nanopartikel logam telah muncul sebagai jalan yang menjanjikan untuk penelitian, menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap strain yang resistan (Slavin *et al*., 2017).

Metode biosintesis merupakan cara yang ramah lingkungan, aman, dan dapat diterima secara ekologis untuk membuat nanopartikel yang dapat digunakan dalam aplikasi biomedis menggunakan mikroba dan tumbuhan. Antara lain, alga, fungi, bakteri, dan tumbuhan dapat digunakan untuk melakukan sintesis ini. Banyak nanopartikel telah disintesis dari bagian tanaman seperti daun, buah, akar, batang, dan biji karena bagian tanaman ini mengandung fitokimia yang berfungsi sebagai agen penstabil dan pereduksi dalam ekstraknya (Shahzadi *et al*., 2025).

Secara khusus, nanopartikel perak (AgNP) yang berasal dari tanaman menunjukkan sifat antibakteri dan antikanker yang menjanjikan, menunjukkan potensi aplikasinya dalam konteks biomedis yang beragam. Dalam sintesis hijau, polifenol dan protein yang ada dalam bahan alami bertindak sebagai agen pereduksi yang efektif, memfasilitasi transformasi ion logam menjadi keadaan valensi yang lebih rendah. Dibandingkan dengan metode kimia dan fisika konvensional, sintesis hijau menawarkan beberapa keuntungan, termasuk tidak beracun, tidak adanya polutan, ramah lingkungan, efektivitas biaya, dan kesehatan ekologis (Fahim *et al*., 2024).

Sebagai agen anti-bakteri, AgNP diimplementasikan dalam berbagai aplikasi mulai dari desinfektan perangkat medis, peralatan rumah tangga, dan pengolahan air serta dalam industri tekstil . Dalam berbagai penelitian, AgNPs juga telah digunakan karena sifat antibakterinya yang kuat dan perannya dalam

merangsang penyembuhan luka, bertujuan untuk mengurangi komplikasi yang terkait dengan proses tersebut dan mendorong pemulihan yang lebih cepat Aktivitas anti-bakteri dari nanopartikel perak dilaporkan terhadap *Escherichia coli* . Ketika E. coli diobati dengan AgNP, lubang terbentuk di dinding sel bakteri yang menyebabkan kematian sel (Rehman *et al*., 2023).

Sarang Banua (*Clerodendrum fragrans* Vent. Willd), tumbuhan lokal yang banyak dijumpai di daerah Sumatera Utara, menunjukkan potensi farmakologis yang menjanjikan. Berdasarkan analisis fitokimia, ekstrak daun Sarang Banua mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti alkaloid, triterpenoid, flavonoid, saponin, tanin, dan kuinon (Simorangkir *et al*., 2019). Menurut Simorangkir 2019 Ekstrak etanol (polar)5,0 % daun *C.fragrans* memiliki potensi antibakteri yang paling besar (zona hambat 14,0 mm) dibandingkan ekstrak n-heksan 10%(non-polar) sebesar 11,6 mm dan ekstrak etilasetat 10% (semi-polar) sebesar 10,5 mmterhadap Salmonella enterica.

Kehadiran gugus hidroksil ($^{-}$OH) dalam molekul-molekul ini dikaitkan dengan stabilisasi dan reduksi Ag^{+} menjadi Ag^{0}, yang selanjutnya memfasilitasi nukleasi dan pertumbuhan AgNP. Secara khusus, senyawa fenolik dan flavonoid secara luas dilaporkan bertindak sebagai agen pereduksi yang efektif karena kemampuan menyumbangkan elektron mereka (Alharbi *et al*., 2022).

Dalam konteks antibakteri, nanopartikel perak sintetis (AgNPs) dari ekstrak tumbuhan lokal juga telah terbukti memiliki aktivitas signifikan. Misalnya, AgNPs yang disintesis menggunakan ekstrak *Calotropis gigantea* dari Aceh menunjukkan zona hambat terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif serta jamur *Candida albicans* (Kemala *et al*., 2022). Hal ini memperkuat gagasan bahwa AgNPs dari ekstrak sarang banua dapat dikembangkan sebagai agen antibakteri lokal yang efektif. Dengan mengkombinasikan kearifan lokal tumbuhan dengan teknologi nanoteknologi hijau, penelitian ini berpotensi membuka jalan baru dalam pengembangan nanomaterial terapeutik yang berkelanjutan dan aman.

Selain dari sisi kimia, penggunaan Sarang Banua sebagai bioreduktor memberikan keuntungan ekologis dan sosial sebagai tanaman lokal, pemanfaatannya mendukung pengembangan potensi sumber hayati di wilayah setempat dan meningkatkan diversitas bioreduktor yang dapat digunakan dalam

bioteknologi nanopartikel. Dengan mengadopsi pendekatan sintesis hijau, penelitian ini tidak hanya memanfaatkan sumber daya alam yang terjangkau dan mudah diakses, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada metode kimia bersifat toksik, sehingga lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Eker *et al*., 2025).

Sekaligus mengeksplorasi aplikasi antibakteri di konteks lokal. Dengan karakterisasi yang baik dan uji aktivitas antibakteri terhadap patogen lokal, penelitian ini akan mengisi kekosongan ilmiah sekaligus memberi nilai aplikatif untuk potensi terapetik di masa depan.

1.2 Identifikasi Masalah

Sarang banua (*Clerodendrum fragrans*) adalah tanaman lokal yang diketahui memiliki senyawa bioaktif seperti flavonoid dan tanin serta telah menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* sebagai gram-positif dan *Pseudomonas aeruginosa* sebagai gram-negatif. Namun, pemanfaatan sarang banua dalam *green synthesis* nanopartikel perak (AgNPs) belum dieksplorasi, sehingga potensi sinerginya sebagai agen reduksi dan penstabil masih belum dimanfaatkan. Sementara itu, metode sintesis AgNP konvensional menggunakan reagen kimia berbahaya dan menghasilkan limbah toksik, yang menimbulkan masalah lingkungan dan keamanan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memeriksa apakah ekstrak sarang banua dapat digunakan untuk mensintesis AgNP yang ramah lingkungan, stabil, dan memiliki aktivitas antibakteri tinggi.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik fisikokimia dari AgNPs yang disintesis dari ekstrak sarang banua?
2. Bagaimana aktivitas AgNPs dari ekstrak sarang banua menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* sebagai gram-positif dan *Pseudomonas aeruginosa* sebagai gram-negatif ?.
3. Apakah AgNPs yang disintesis dari ekstrak sarang banua lebih efektif sebagai agen antibakteri dibanding ekstrak sarang banua itu sendiri?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian fokus dan dapat diselesaikan dengan baik, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Hanya menggunakan ekstrak sarang banua sebagai bioreduktor (tanpa campuran ekstrak lain).
2. Menggunakan ion perak ($AgNO_3$) sebagai prekursor AgNPs.
3. Sintesis dilakukan dengan metode *green synthesis* (tanpa penggunaan reagen kimia berbahaya tambahan).
4. Karakterisasi AgNPs terbatas pada analisis ukuran (dengan PSA), Stabilitas (UV-Vis), dan identifikasi gugus fungsi (FTIR).
5. Uji antibakteri dilakukan terhadap 2 strain *Staphylococcus aureus* sebagai gram-positif dan *Pseudomonas aeruginosa* sebagai gram-negatif menggunakan metode difusi cakram dan mikrodilusi.
6. Tidak mencakup uji toksisitas seluler (in vitro) atau aplikasi klinis fokus hanya pada uji antibakteri sederhana.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengkarakterisasi sifat fisikokimia AgNPs yang dihasilkan (ukuran, stabilitas, gugus fungsi).
2. Menilai aktivitas antibakteri AgNPs dari ekstrak sarang banua terhadap *Staphylococcus aureus* sebagai gram-positif dan *Pseudomonas aeruginosa* sebagai gram-negatif.
3. Membandingkan efektivitas antibakteri antara AgNP hasil sintesis dan ekstrak sarang banua murni untuk melihat peningkatan aktivitas.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nanopartikel perak (AgNPs) yang disintesis secara ramah lingkungan menggunakan ekstrak sarang banua, sehingga mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan limbah toksik. AgNPs yang dihasilkan kemungkinan besar lebih biokompatibel dan stabil, sehingga cocok untuk aplikasi antibakteri. Dengan menguji aktivitas antibakterinya, penelitian ini juga dapat membuka jalan pengembangan agen antimikroba baru yang berbasis tumbuhan lokal, yang berpotensi digunakan

dalam produk kesehatan seperti antiseptik atau obat topikal. Selain itu, pemanfaatan sarang banua sebagai bioreduktor mendukung konservasi sumber daya alam lokal dan memberikan nilai tambah ekonomi bagi tanaman tradisional.

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
UNIMED
THE Character Building UNIVERSITY