

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan teknologi yang semakin pesat telah mendorong penelitian yang intensif mengenai material baru dengan karakteristik yang unggul. Salah satu jenis material yang banyak dikembangkan untuk teknologi modern adalah material komposit (Widodo, 2022). Komposit adalah bahan yang dibuat dari gabungan dua atau lebih material dengan sifat berbeda, sehingga membentuk material baru dengan sifat yang lebih baik. Komposit tersusun atas dua bagian utama, yaitu matriks yang berfungsi sebagai pengikat, dan penguat yang berfungsi menambah kekuatan. Saat ini, perkembangan material komposit telah beralih dari komposit sintetis menuju komposit alam (NACO) karena keunggulannya yang ramah lingkungan. (Matriks *et al.*, 2024). Komposit biokompatibel yang terdiri dari komponen organik dan anorganik dikenal sebagai biokomposit (Ortega *et al.*, 2022). Saat ini, biokomposit dengan matriks berbasis biopolimer serat alam sebagai pengganti polimer sintetis telah menarik perhatian karena memiliki keunggulan yaitu tidak *toxic*, kemampuan biodegradabilitas yang baik, mudah didapatkan, dan memiliki harga yang murah (Khan *et al.*, 2020). Indonesia memiliki potensi sumber daya serat alam yang melimpah dengan berbagai variasi. Hal ini membuka peluang besar untuk mengembangkan material komposit berbasis serat alam, mengingat ketersediaannya yang meluas serta sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Serat alam sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, dan sejumlah kecil ekstraktif, yang secara kolektif disebut lignoselulosa (Sumesh *et al.*, 2020). Meningkatnya kekhawatiran terkait kelestarian lingkungan sangat berdampak pada pemanfaatan selulosa (Khan *et al.*, 2020). Selulosa merupakan polimer rantai panjang polisakarida karbohidrat dari beta-glukosa (β -D-glukosa) dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Chinthalapudi *et al.*, 2021). Setiap dinding sel pada tumbuhan terdiri dari setiap unit glukosa yang merupakan monomer dari selulosa dan terhubung melalui ikatan glikosidik β -1,4 antara posisi karbon C_1 dari satu unit glukosa dengan posisi karbon C_4 dari unit glukosa berikutnya (Ullah *et al.*, 2021) dan merupakan polimer alami tertua dan paling melimpah di bumi dengan 250 miliar ton diproduksi secara alami per tahun (Ansari *et al.*, 2024). Penelitian

yang dilakukan oleh Asrofi *et al.*, (2018) telah memanfaatkan serat eceng gondok sebagai sumber selulosa dengan kadar selulosa sebesar 60%. selain itu, Takeda *et al.*, (2019) telah berhasil mengisolasi selulosa dari jerami padi yang merupakan limbah pertanian dengan kadar selulosa sebesar 61,9%.

Seiring dengan kemajuan nanoteknologi, selulosa telah dimodifikasi dalam skala nanomaterial yang memiliki dimensi lateral sebesar 10-100 nm dengan panjang seratnya pada skala mikrometer (Kurniawan *et al.*, 2023). Nanoselulosa memiliki sifat unggul yang tidak ditemukan pada *bulk* selulosa, yaitu struktur yang teratur dan kuat, densitas yang rendah, kekuatan mekanik dan modulus yang tinggi, luas permukaan yang spesifik dan reaktif. Keunggulan-keunggulan tersebut dihasilkan melalui rekayasa dimensi yang berkaitan dengan efek permukaan dan efek kuantum material dan menjadikannya sebagai bahan yang menarik untuk beragam aplikasi (Kurniawan *et al.*, 2023). Selulosa nanokristal (CNCs) dan selulosa nanofiber (CNFs) merupakan dua jenis nanoselulosa utama yang dapat dibedakan berdasarkan ukuran, morfologi, dan metode sintesisnya. Selulosa nanokristal (CNCs) disintesis menggunakan metode kimia seperti hidrolisis asam yang menghasilkan partikel berbentuk batang pendek dengan diameter 3-15 nm, sedangkan selulosa nanofiber (CNFs) umumnya disintesis dengan metode mekanik seperti *ball milling* dan homogenisasi untuk menghasilkan partikel berbentuk fibril dengan diameter 5-50 nm (Xu *et al.*, 2013). Ukuran partikel dari CNCs dan CNFs dapat diperkecil lebih lanjut dengan proses tambahan, seperti ultrasonikasi selama sintesis (Song *et al.*, 2019). Dalam penelitian ini, selulosa diisolasi dari limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) yang memiliki kadar selulosa sebesar 36,5%, lignin 27,3%, dan hemiselulosa 21,8% (Tamunaidu dan Saka, 2011). Nang An *et al.*, (2020) telah melaporkan pembuatan nanoselulosa dari pelepah pohon nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) menggunakan metode hidrolisis asam dan menghasilkan selulosa nanokristal dengan diameter 10-15 nm.

Nanoselulosa memiliki luas permukaan yang tinggi dan kaya akan gugus hidroksil sehingga bersifat hidrofilik dan memiliki daya serap air yang tinggi serta mampu mempertahankan kelembaban. Oleh sebab itu, nanoselulosa dapat dijadikan sebagai kandidat yang menjanjikan untuk komersialisasi material biomedis, seperti bahan pembalut luka. (Biliuta *et al.*, 2022) (Seddiqi *et al.*, 2021). Namun,

nanoselulosa secara alami tidak memiliki sifat antibakteri yang dibutuhkan untuk bekerja dalam lingkungan yang rentan terhadap infeksi bakteri. Errokh *et al* (2019) telah melakukan uji aktivitas antibakteri terhadap nanoselulosa dari kayu *Eucalyptus grandis* dan menunjukkan tidak adanya aktivitas antibakteri yang ditandai dengan tidak terbentuknya zona hambat terhadap *E. faecalis* (bakteri Gram+) dan *E. coli* (bakteri Gram-). Untuk meningkatkan fungsionalitasnya terutama dalam aplikasi yang memerlukan aktivitas antibakteri, maka dilakukan kombinasi antara nanoselulosa yang memiliki luas permukaan yang spesifik dan reaktif dengan agen antibakteri seperti nanopartikel logam. Nanopartikel logam dipilih sebagai agen antibakteri karena pada bagian luar membran (*outer membrane*) mikroorganisme seperti bakteri terdapat pori-pori yang memungkinkan partikel masuk melewati membran sel, hanya partikel yang berukuran sama atau lebih kecil dari pori-pori tersebut yang dapat menembus dan bekerja secara efektif untuk membunuh bakteri (Onyszko *et al.*, 2022). Di antara agen antibakteri berukuran nano, nanopartikel CuO telah banyak digunakan sebagai agen antibakteri, namun kelemahan utamanya adalah karena efek yang berpotensi toksik. Karlsson *et al.*, (2013) melaporkan bahwa nanopartikel CuO menunjukkan toksisitas yang relatif tinggi terhadap kultur organ kulit manusia, sedangkan nanopartikel lainnya seperti nanopartikel TiO₂ menunjukkan aktivitas antibakteri yang baik dengan tingkat toksisitas yang rendah namun diperlukan penyinaran dalam rentang UV untuk memaksimalkan aktivitas antibakteri sehingga mambatasi efisiensinya (Markowska-Szczupak *et al.*, 2020). Nanopartikel perak telah menarik perhatian sebagai salah satu agen antimikroba yang efektif saat ini. Non-toksitasnya terhadap sel manusia merupakan faktor penting yang memungkinkan penggunaannya dalam komponen yang bersentuhan dengan jaringan dan sel manusia (Salama *et al.*, 2021). Selain itu, nanopartikel perak dalam konsentrasi rendah telah menunjukkan aktivitas pengambahatan bakteri yang baik sehingga efisien dalam biaya sintesis yang merupakan aspek penting ditinjau dari segi ekonomi dan mudah dalam segi pemrosesan karena tidak ada persyaratan untuk menggunakan iradiasi cahaya untuk pengoptimalan aktivitas antibakterinya (Alahmadi *et al.*, 2018).

Nanopartikel perak yang digabung dengan matriks nanoselulosa harus terdistribusi secara seragam dan merata agar tidak mengurangi aktivitas antibakterinya (Biliuta *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pemilihan metode sintesis yang tepat untuk nanopartikel perak menjadi tantangan berikutnya. Metode kimia terbukti dapat menghasilkan nanopartikel perak menggunakan berbagai agen reduksi, penstabil dan pelindung seperti natrium sitrat, natrium borohidrat, dan poli (etilen glikol) (Zhang *et al.*, 2023). Chinthalapudi *et al.*, (2021) melaporkan sintesis nanopartikel perak menggunakan agen pereduksi natrium borohidrat (NaBH_4) dan menghasilkan nanopartikel perak dengan diameter 10 nm. Namun, agen-agen pereduksi tersebut tidak ramah lingkungan dan dibutuhkan dalam jumlah yang besar untuk mereduksi ion perak dan menstabilkan nanopartikel perak yang terbentuk. Oleh karena itu, metode *green synthesis* menggunakan tumbuhan obat (*medical plant*) seperti daun *Uncaria gambir* Roxb. dapat digunakan sebagai pengganti agen pereduksi kimia untuk mensintesis nanopartikel perak yang lebih ramah lingkungan (Alharbi, Alsubhi and Felimban, 2022). Daun *Uncaria gambir* Roxb yang telah melalui proses ekstraksi, berperan sebagai *reducing* dan *capping agent* nanopartikel perak (AgNPs) karena mengandung senyawa flavonoid dengan gugus hidroksil (-OH) yang mampu mereduksi ion perak (Ag^+) menjadi logam perak (Ag^0) (Arief, Wellia, *et al.*, 2015). Daun *Uncaria gambir* Roxb juga merupakan sumber daya alam hayati di Sumatera Barat yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai komoditasnya. Arief, Wellia, *et al.*, (2015) telah melaporkan sintesis nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan ekstrak daun *Uncaria gambir* Roxb sebagai bioreduktor, namun, berdasarkan literatur yang tersedia, hingga saat ini belum ditemukan laporan ilmiah mengenai penggabungan nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrakdaun *Uncaria gambir* Roxb.. dengan matriks nanoselulosa dari limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis secara *in situ* biokomposit nanoselulosa dari limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) dengan berbagai variasi konsentrasi nanopartikel perak yang disintesis menggunakan bantuan ekstrak daun *Uncaria gambir* Roxb.. Hasil biokomposit selanjutnya dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, FTIR, XRD, dan TEM serta diuji aktivitas antibakterinya

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses isolasi selulosa dan pengolahan selulosa menjadi nanoselulosa dari limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) serta karakteristik yang dihasilkan?
2. Bagaimana proses penggabungan nanopartikel perak dengan nanoselulosa untuk membentuk biokomposit nanoselulosa-nanopartikel perak (NC-AgNPs) serta karakteristik yang dihasilkan?
3. Bagaimana kemampuan aktivitas antibakteri dari biokomposit nanoselulosa (NC-AgNPs) terhadap bakteri gram positif (*S.aureus*) dan gram negatif (*E.coli*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengisolasi selulosa dan mengolah selulosa menjadi nanoselulosa dari limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) serta menganalisis karakteristik yang selulosa dan nanoselulosa yang dihasilkan
2. Mensintesis biokomposit NC-AgNPs dan menganalisis karakteristik NC-AgNPs yang dihasilkan
3. Menguji aktivitas antibakteri biokomposit nanoselulosa-nanopartikel perak (NC-AgNPs) terhadap bakteri gram positif (*S.aureus*) dan gram negatif (*E.coli*)

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi terbaru mengenai pemanfaatan selulosa dari kulit buah nipah sehingga dapat mengurangi limbah biomassa dan meningkatkan nilai pemanfaatannya. Produk hasil sintesis yaitu biokomposit NC-AgNPs membuka peluang dalam pengembangan nanomaterial antimikroba yang berguna dalam aplikasi di bidang medis