

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi adalah salah satu bidang ilmu dan rekayasa dalam menciptakan material, struktur fungsional maupun piranti dalam skala nanometer yang sangat berkembang pesat dan menjadi pusat perhatian ilmuwan di seluruh dunia. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul daripada material berukuran besar (*bulk*). Di samping itu, material dengan ukuran nanometer memiliki sifat yang tidak dimiliki oleh material ukuran besar. Hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu sifat permukaan yang bisa dimodifikasi baik sifat optik, magnetik, elektronik dan mekanik serta ukurannya yang kecil dengan nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar (Schmid dan Stoeger 2016). Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain dan ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum - hukum fisika kuantum (Rafique *et al.*, 2017). Hal inilah yang menjadikan ilmuwan banyak mengembangkan riset di bidang nanoteknologi dan nanomaterial, salah satunya sebagai sintesis nanopartikel logam.

Diantara semua partikel logam, tembaga merupakan salah satu yang banyak mendapat perhatian untuk dikaji karena aplikasinya yang sangat beragam, terutama penggunaannya yang luas dalam bidang medis, sensor, katalis, optik, elektronik dan antibakteri serta sebagai nutrisi dan pembasmi hama tanaman (Rai *et al.*, 2018). Keunggulan penggunaan tembaga lainnya adalah proses sintesisnya sangat mudah dan biaya yang digunakan relatif murah dan terjangkau (Sierra-ávila *et al.*, 2015).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproduksi nanopartikel logam seperti metode elektrokimia, pirolisis, presipitasi secara kimia, sol-gel, sono kimia, hidrotermal, dan reduksi kimia (Rane *et al.*, 2018). Salah satu metode yang

paling mudah digunakan adalah metode reduksi kimia dikarenakan tidak menggunakan energi yang tinggi, kondisi reaksi standar, proses pengontrolan ukuran dan pertumbuhan kristal bisa dimonitoring dan mudah dilakukan (Reverberi *et al.*, 2016).

Penggunaan metode reduksi kimia telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu dengan menggunakan bahan kimia sebagai pereduksi. Granata *et al.*, (2016) melaporkan sintesis nanopartikel tembaga menggunakan tembaga sulfat sebagai prekursor, hidrazin sebagai pereduksi dan PVP sebagai stabilizer. Hasil penelitian menunjukkan terjadi reaksi reduksi yang sangat cepat menghasilkan NpCu dengan ukuran 50 nm (Granata *et al.*, 2016). Choi, Bae, dan Ahn (2016) melaporkan penggunaan metode reduksi kimia pada sintesis NpCu dengan sodium borohidrat sebagai pereduksi dan *stabilizer* asam askorbat menghasilkan partikel NpCu ukuran 11- 44 nm (Choi, Bae, dan Ahn 2016). Penelitian lain juga telah dilakukan dengan menggunakan hidrazin sebagai agen pereduksi dan dua agen stabilisator yaitu kitosan dan asam askorbat dihasilkan NpCu ukuran 12-28 nm (Jain, Nagar, dan Devra 2015). Penggunaan tembaga nitrat sebagai alternatif prekursor selain tembaga sulfat dilaporkan menghasilkan NpCu ukuran 22 nm dengan hidrazin monohidrat sebagai pereduksi (Kobayashi *et al.*, 2016). Selain itu, penggunaan asam askorbat sebagai pereduksi juga telah pernah dilakukan dan menghasilkan NpCu dengan ukuran 28 nm (Khan *et al.*, 2016). Penelitian selanjutnya melaporkan sintesis NpCu sebagai katalis zat warna menggunakan pereduksi sodium borohidrat dan asam tartarat didapatkan nanopartikel tembaga dengan ukuran 11 nm dengan kemampuan reduksi zat warna yang cepat (Ebrahimzadeh dan Fung 2016).

Beberapa kelemahan dari penelitian tersebut adalah biaya produksi yang tinggi dan penggunaan bahan kimia yang berbahaya dikarenakan bersifat korosif dan toksik. Penggunaan bahan kimia seperti hidrazin dan natrium borohidrat dapat menimbulkan polusi lingkungan, produk samping yang berbahaya sewaktu pembuatan atau pabrikasi (Iliger *et al.*, 2021), proses pemurnian produk yang sulit dan kurang bio-kompatibel saat digunakan terutama dalam bidang medis dan makanan (Wu *et al.*, 2020).

Oleh sebab itu, dikembangkan metode sintesis yang lebih ramah lingkungan yang disebut *green synthesis* (Kuppusamy *et al.*, 2016). Pada metode ini, reduktor yang digunakan tidak toksik, murah dan mudah didapat. Selain itu metode ini memerlukan waktu kontak yang relatif pendek dibandingkan dengan metode yang lain dan dapat mengurangi dampak bahan kimia pada pengguna dan pencemaran lingkungan akibat pembuangan zat yang berbahaya (Jogaiah *et al.*, 2019).

Pemanfaatan tumbuhan pada sintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder berupa senyawa polifenol. Beberapa jenis tumbuhan yang telah digunakan sebagai pereduksi antara lain *Gum karaya*, *Nerium oleander*, *Cassia alata*, *Catharanthus roseus* yang mengandung senyawa kimia tertentu yang dapat berperan sebagai agen pereduksi (Iliger *et al.*, 2021). Tumbuhan dengan kandungan polifenol yang tinggi mampu mengurangi penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya termasuk limbah yang dihasilkan (Benassai *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel tembaga dengan menggunakan reduktor dari daun ekstrak gambir. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil gambir terbesar dengan kapasitas produksi sebesar 108,5 ribu ton/tahun. Gambir merupakan salah satu tanaman yang memiliki khasiat sebagai obat tradisional dikarenakan kandungan polifenol yang berperan sebagai antioksidan alami. Kandungan kimia ekstrak daun gambir adalah katekin (7-33%), asam kateku tanat (20-50%), pirokatekol (20-30%) serta kateku merah, kuersetin, *fixed oil*, lilin dan alkaloid masing-masing berkisar antara 2-3% (Dahlan, Faizal dan Arita 2015). Senyawa - senyawa tersebut memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi ion logam yang baik pada proses biosintesis (Siddiqi dan Husen, 2020).

Penelitian tentang penggunaan gambir sebagai reduktor alami telah banyak dilakukan di antaranya pada studi sintesis koloid nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun gambir sebagai pereduksi dengan pelarut isopropanol diperoleh nanopartikel perak dengan ukuran 10 - 30 nm (Arief *et al.*, 2017). Pada penelitian lain, sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode hidrotermal menggunakan ekstrak daun gambir sebagai reduktor dan DEA sebagai *capping agent*. Hasil yang

diperoleh nanopartikel perak dengan ukuran 25 nm, lebih kecil daripada nanopartikel perak yang disintesis tanpa penambahan DEA (Arief *et al.*, 2015). Arief *et al.*, (2015) juga melaporkan telah melakukan sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak daun gambir dengan metode presipitasi serta menggunakan *capping agent* polivinil alkohol (PVA) dan DEA. Hasil menunjukkan dengan penambahan DEA dan PVA diperoleh nanopartikel perak masing-masing dengan ukuran 25 nm dan 70 nm. Sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia menggunakan ekstrak gambir sebagai reduktor dan DEA sebagai *capping agent* diperoleh nanopartikel perak dengan ukuran 3,5 - 35 nm (Labanni *et al.*, 2018). Studi lain tentang pemanfaatan gambir sebagai reduktor alami adalah sintesis nanopartikel tembaga besi ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{TF}$ ) menghasilkan nanopartikel NTF dengan ukuran 100 nm menggunakan metode hidrotermal pada suhu  $180^\circ\text{C}$  (Elsya, Zulhadjri, dan Arief 2019)

Penggunaan nanopartikel tembaga ini memberikan manfaat yang sangat besar dalam berbagai bidang, terutama bidang kesehatan sebagai agen antibakteri maka perlu pengembangan metode sintesis logam tembaga yang dapat menghasilkan nanopartikel dengan ukuran yang sangat kecil. Semakin kecil ukuran nanopartikel tembaga semakin besar efek antibakterinya. Jika ukuran partikel semakin kecil, luas permukaan semakin besar, sehingga meningkatkan kontak nanopartikel dengan sel bakteri atau jamur, dan mampu meningkatkan efektivitas bakterisida dan fungisida (Krithiga, Jayachitra, dan Rajalakshmi 2013). Mekanisme reaksi antara nanopartikel tembaga dengan sel bakteri dan jamur dapat dipahami melalui peranan nanopartikel tembaga yang berfungsi dalam mempengaruhi metabolisme sel dan menghambat pertumbuhan sel. Nanopartikel tembaga melakukan penetrasi ke dalam membran sel melalui dinding kemudian menghambat sintesis protein selanjutnya sehingga terjadi penurunan permeabilitas membran dan pada akhirnya menyebabkan kematian sel (Montazer dan Alibakhshi, 2015)

Berdasarkan beberapa alasan yang telah dipaparkan, maka dalam penelitian ini dilakukan *green synthesis* nanopartikel tembaga dengan menggunakan reduktor ekstrak daun gambir dengan variasi prekursor tembaga. Selanjutnya hasil

nanopartikel tembaga yang diperoleh diuji sifat antibakterinya dengan uji aktivitas bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan gram negatif (*Escherichia coli*).

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dipaparkan di atas maka beberapa perumusan masalah yang diajukan pada penelitian ini adalah:

1. Apakah ekstrak daun gambir berpotensi sebagai bioreduktor dalam *green synthesis* nanopartikel tembaga?
2. Apakah jenis anion prekursor memberikan pengaruh terhadap ukuran dan kestabilan nanopartikel tembaga yang dihasilkan?
3. Apakah waktu reaksi memberikan pengaruh terhadap ukuran dan kestabilan nanopartikel tembaga yang dihasilkan?
4. Bagaimana aktivitas nanopartikel tembaga untuk menghambat laju pertumbuhan bakteri gram positif dan gram negatif?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mensintesis nanopartikel tembaga dengan kestabilan yang baik dan ukuran partikel yang kecil sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan dalam aplikasinya di berbagai bidang. Secara ringkas tujuan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mempelajari apakah komponen bioaktif ekstrak daun gambir berpotensi sebagai reduktor alami dalam *green synthesis* nanopartikel tembaga
2. Mempelajari pengaruh anion prekursor terhadap ukuran, morfologi dan kestabilan nanopartikel tembaga yang dihasilkan
3. Mempelajari pengaruh waktu reaksi terhadap ukuran, morfologi dan kestabilan nanopartikel tembaga yang dihasilkan
4. Menguji aktivitas antibakteri nanopartikel tembaga terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan gram negatif (*Escherichia coli*)

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terbaru tentang potensi ekstrak daun gambir dengan komponen bioaktif berupa senyawa polifenol sebagai salah satu agen pereduksi pada sintesis nanopartikel tembaga yang ramah lingkungan alternatif dari penggunaan bahan kimia yang berbahaya dan NpCu yang dihasilkan dapat diterapkan dalam bidang medis sebagai agen antibakteri yang kuat.

#### 1.5 Kebaruan Penelitian

Keterbaruan penelitian ini adalah didapatkannya reduktor alami yaitu ekstrak daun gambir yang berpotensi selain mereduksi logam tembaga juga bertindak sebagai *capping agent* pada sintesis NpCu dengan berbagai prekursor tembaga pada satu tahapan (*one step*). Hasil NpCu yang diperoleh dapat diaplikasikan sebagai agen antibakteri yang kuat, terutama pada bakteri gram positif. Dari studi literatur sebelumnya belum ditemukan penggunaan ekstrak daun gambir sebagai pereduksi logam tembaga pada sintesis NpCu serta karakteristik dan aplikasinya sebagai antibakteri.

