

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanomaterial telah dieksplorasi secara ekstensif di berbagai bidang ilmu pengetahuan, termasuk fisika, kimia, biologi, kedokteran, farmasi, dan ilmu material, karena sifat uniknya yang berbeda dengan material pada umumnya. Bahan-bahan ini dicirikan dengan diameter mulai dari 1 nm hingga 100 nm, yang secara signifikan lebih kecil daripada ukuran khas bahan yang ditemukan di alam. Pengurangan ukuran partikel meningkatkan sifat-sifat material nano, membuatnya lebih cocok untuk berbagai aplikasi. Karakteristik fisik dan kimia nanomaterial menentukan kekuatan utama dan aplikasi potensial mereka. Misalnya, sifat optik dan elektroniknya yang unik membuatnya berguna di berbagai bidang seperti aplikasi biomedis, katalisis, dan penyimpanan energi. Morfologi, bentuk, dan ukuran nanopartikel dan kristal nano yang terkendali telah menjadi bidang penelitian yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, memungkinkan pengembangan bahan baru dengan sifat yang disesuaikan¹.

Salah satu nanomaterial yang banyak mendapat perhatian adalah nanopartikel Cerium oksida (CeO_2). Cerium oksida adalah bahan semikonduktor dengan celah pita energi yang lebar yaitu 3,19 eV dan panjang gelombang 330-370 nm. Ia memiliki stabilitas kimia dan termal yang unik, konduktivitas tinggi, penyimpanan oksigen yang dapat diandalkan, kemampuan untuk menyerap sinar UV, dan aktivitas katalitik. Cerium oksida telah banyak digunakan dalam berbagai bidang aplikasi karena sifatnya yang bermanfaat, yaitu sebagai penyerap sinar ultraviolet, pemoles kaca, biosensor, losion tabir surya untuk kosmetik, dan aplikasi biomedis².

Nanopartikel cerium oksida (CeO_2) memiliki berbagai aplikasi dalam bidang katalisis, energi, dan biomedis karena sifat-sifat uniknya seperti kemampuan redoks, stabilitas termal yang tinggi, dan kapasitas penyerapan oksigen³. Berbagai metode telah dikembangkan untuk sintesis nanopartikel CeO_2 , termasuk metode presipitasi, sol-gel, hidrotermal, dan deposisi uap. Pemilihan metode sintesis sangat penting karena mempengaruhi ukuran, morfologi, distribusi, dan sifat permukaan dari nanopartikel yang dihasilkan⁴. Salah satu metode yang efektif dan sering digunakan untuk mensintesis nanopartikel CeO_2 adalah metode hidrotermal. Metode ini menawarkan beberapa keuntungan seperti kontrol yang baik terhadap ukuran partikel, morfologi, dan kristalinitas, serta kemampuan untuk mensintesis

nanopartikel dalam kondisi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan metode konvensional lainnya⁵

Saat ini, para peneliti sedang mengembangkan metode *green synthesis* untuk mengurangi efek berbahaya dari menggunakan zat kimia beracun. Sintesis hijau dapat didefinisikan sebagai turunan bahan dari sumber daya hijau atau ramah lingkungan dengan menggunakan pelarut, zat pereduksi yang baik, dan bahan yang tidak berbahaya untuk stabilisasi. Dengan demikian, para peneliti telah menyatakan minatnya untuk mengembangkan berbagai nanomaterial melalui rute biosintesis ini, termasuk nanopartikel logam/oksida logam. Metode reduksi fisik, termal, dan kimiawi untuk sintesis nanopartikel telah banyak dilakukan. Metode-metode ini canggih, cukup mahal, dan mungkin beracun. Nanopartikel sintesis hijau menggunakan ekstrak tanaman menawarkan pendekatan alternatif untuk mengatasi masalah ini. Ini adalah prosedur *green synthesis* yang sederhana, ramah lingkungan, dan ekonomis. Ekstrak tanaman terlibat dalam reaksi redoks, yang mereduksi ion logam untuk membentuk partikel nano. Metabolit seperti gula, terpenoid, polifenol, alkaloid, asam fenolat, dan protein memainkan peran penting dalam reduksi ion logam menjadi nanopartikel dan mendukung stabilitas nanopartikel. Banyak penelitian menunjukkan bahwa ekstrak tanaman seperti *Solanum Lycopersicum*, *Eclipta prostrate*, *Punica granatum*, *Plantago asiatica*, *Gnidia glauca* dan *Plumbago zeylanica*, *Uncaria gambir Roxb*, *Camellia sinensis*, *Moringa oleifera*, *Crataegus pontica L* dan tanaman lainnya telah dieksplorasi untuk sintesis CeO₂ NPs. Tanaman yang berbeda menghasilkan karakteristik nanopartikel yang berbeda⁶

Pada penelitian ini digunakan metode hidrotermal dengan menggunakan ekstrak tumbuhan *Uncaria gambir Roxb*. sebagai bioreduksi untuk menstabilkan pertumbuhan kristal. *Uncaria gambir Roxb*. merupakan salah satu tanaman yang mudah dijumpai di Sumatera Barat yang memiliki nilai ekonomi tinggi, dapat digunakan sebagai bahan baku kayu lapis dan partikel kayu. Daun *Uncaria gambir* sering digunakan sebagai pewarna tekstil dan obat tradisional untuk luka bakar. Selain itu, daunnya juga diolah menjadi teh dan merupakan tanaman obat untuk sakit kepala, diare, disentri, sakit kulit, dan obat kulit⁷.

Nanopartikel CeO₂ telah mendapatkan banyak perhatian baru-baru ini dalam konteks aplikasi biomedis karena kapasitas pembersihan spesies oksigen reaktif (ROS) dan aktivitas antibakteri yang unik terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Doping Cu ke dalam CeO₂ telah terbukti meningkatkan sifat antibakteri material secara signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel CeO₂ yang

didoping Cu menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri karena efek gabungan dari generasi spesies oksigen reaktif (ROS) dan pelepasan ion Ce^{4+} , yang dapat menonaktifkan protein bakteri dengan mengikat permukaan sel bakteri⁸.

Nanopartikel CeO_2 yang didoping Cu efektif melawan bakteri Gram-positif (*Staphylococcus Aureus*) dan Gram-negatif (*Escherichia Coli*). Mekanisme antibakteri terutama disebabkan oleh pembentukan ROS, yang dapat merusak dinding sel bakteri dan komponen intraseluler, yang menyebabkan kematian sel. Selain itu, ion Ce^{4+} yang dilepaskan dari nanopartikel dapat mengganggu enzim dan protein bakteri yang penting, sehingga meningkatkan efek bakterisidal⁹. CeO_2 yang didoping Cu terjadi substitusi ion Ce^{4+} dengan ion Cu^{2+} dalam kisi kristal. Substitusi ini menyebabkan kekosongan oksigen karena perbedaan muatan antara Ce^{4+} dan Cu^{2+} . Kekosongan oksigen berperan penting dalam meningkatkan sifat katalitik dan antibakteri dengan menyediakan situs aktif untuk berbagai reaksi¹⁰. Penurunan energi celah pita CeO_2 , membuatnya lebih aktif di bawah cahaya tampak. Perubahan ini meningkatkan sifat fotokatalitik material, yang bermanfaat untuk aplikasi seperti remediasi lingkungan dan aktivitas antibakteri¹¹.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses sintesis CeO_2 yang didoping Cu dengan bantuan ekstrak daun *Uncaria gambir* Roxb?
2. Bagaimana karakteristik nanopartikel Cu doped CeO_2 yang disintesis dengan metode hidrotermal?
3. Bagaimana sifat anti bakteri dari nanopartikel Cu doped CeO_2 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. Mempelajari proses sintesis CeO_2 didoping Cu dengan bantuan ekstrak daun *Uncaria gambir* Roxb
2. Menentukan karakteristik nanopartikel Cu doped CeO_2 yang disintesis dengan metode hidrotermal
3. Membuktikan kemampuan nanopartikel Cu doped CeO_2 sebagai zat anti bakteri terhadap bakteri gram positif (*S. aureus*) dan gram negatif (*E. coli*)

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan nanopartikel CeO_2 yang ramah lingkungan dan tidak beracun yang disintesis dengan metode hidrotermal. Serta dapat menghasilkan nanopartikel Cu doped CeO_2 yang dapat meningkatkan kinerja CeO_2 menggunakan ekstrak daun *Uncaria gambir* Roxb. sebagai zat penstabil dan zat pereduksi, yang nantinya dapat diaplikasikan sebagai zat anti bakteri.

