

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan teknik desain material melalui sintesis dan manipulasi struktur dengan ukuran nano (0-100 nm)¹. Nanoteknologi telah membawa dampak revolusioner dari suatu material unggul untuk aplikasi pada beberapa bidang antara lain : medis, tekstil, makanan, lingkungan, dan teknik^{2,3}. Material nano memiliki kinerja tinggi dalam beberapa aspek teknologi, dimana kinerja tersebut dipengaruhi oleh struktur, dimensi, dan ukuran setelah dimodifikasi dalam skala nano⁴.

Nanopartikel diproduksi melalui dua pendekatan proses yaitu proses *top-down* dan proses *bottom-up*⁵. Pendekatan proses *top-down* melibatkan pengembangan nanomaterial dari material massal secara fisika, sedangkan pendekatan *bottom-up* difokuskan pada perakitan kimiawi dari atom, ion dan molekul menjadi nanomaterial. Atom-atom didesain pada suatu permukaan, bercluster satu sama lain sehingga menimbulkan dua efek penting yaitu efek luas permukaan besar dan efek quantum confinement⁶. Kedua efek ini dapat meningkatkan sifat fisika, kimia, mekanik dan biologi dari suatu material nano, agar lebih efisiensi, efektif dan ekonomis dalam aplikasinya⁷. Aplikasi nanopartikel menarik untuk diteliti terutama dalam bidang medis⁸, elektronik⁹, energi¹⁰, tekstil¹¹, dan kosmetik¹².

Sintesis nanomaterial dengan metode *wet chemical* (kimia basah) membutuhkan biaya yang relatif mahal, penggunaan energi tinggi, dan aditif bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Metode *green synthesis* menarik untuk dikembangkan pada saat ini sebagai metoda sintesis alternatif. Sintesis nanomaterial dengan metode *green synthesis* dapat digunakan aditif dari komponen bioaktif dari ekstrak tumbuhan¹³, sel mikroorganisme yaitu bakteri¹⁴, jamur¹⁵, dan alga¹⁶ sebagai kontrol pembentukan nanopartikel¹⁷.

Metode *green synthesis* untuk preparasi oksida logam menggunakan ekstrak tanaman telah menjadi strategi sintesis yang ideal, ekonomis, efisien, ramah lingkungan, tidak beracun, dan kompetible dengan tubuh, serta menghasilkan material bersifat superior¹⁸. Beberapa peneliti yang telah menggunakan aditif yang berasal dari tumbuh-tumbuhan antara lain Hidayat, *et.al.*, (2024) menggunakan ekstrak daun maple (*Acer palmatum*) untuk sintesis Ag doped TiO₂¹⁹; Wijaya, *et.al.*, (2024) menggunakan ekstrak daun Mugwort (*Artemisia vulgaris*) untuk sintesis heterojunction TiO₂/CeFeO₃²⁰; Nabi, *et.al.*, (2021) menggunakan ekstrak *Citrus Limetta* (jeruk nipis) untuk sintesis TiO₂ spheric¹³; Zuhadjri, *et.al.*, (2024) menggunakan ekstrak daun gambir untuk sintesis hidrotermal Nanokristal Ytria-stabilized zirconia (YSZ)²¹; dan Riska, *et.al.*, (2024) menggunakan ekstrak daun pepaya untuk sintesis TiO₂¹⁸. Rilda, *et.al.*, (2024) mensintesis Fe, Co, Ni, Cu, dan Zn doped TiO₂ dengan metoda sol gel²².

Daun gambir (*Uncaria gambir* Roxb) merupakan tanaman yang memiliki ketersediaan melimpah, mudah diakses untuk memenuhi kebutuhan dalam skala besar, dan terdistribusi luas pada daerah Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatra Barat. Daun gambir memiliki

komponen fitokimia yang terdiri dari senyawa fenolik, flavonoid (katekin), alkaloid, steroid dan sellulosa^{23,24}. Senyawa bioaktif daun gambir dapat berfungsi sebagai zat pereduksi atau *capping agent*^{25,26}. *Capping agent* dapat berkoordinasi dengan ion logam untuk menstabilkan pertumbuhan nanomaterial. Disamping itu zat penstabil mencegah interaksi ion logam dengan media pelarut untuk mencegah terbentuk aglomerasi¹⁵.

Titanium dioksida (TiO₂) merupakan senyawa oksida logam semikonduktor dan memiliki aktifitas fotokatalis tinggi dibandingkan dengan oksida logam lainnya, disamping itu TiO₂ memiliki keunggulan lainnya yaitu stabil secara termal, kimia, biokompatibel, non toksik^{27,28}. Aktifitas fotokatalis TiO₂ ditentukan oleh struktur fasa, ukuran, luas permukaan. TiO₂ memiliki tiga fasa struktur yaitu anatase, brokite dan rutil. Fasa struktur dapat dikontrol melalui suhu kalsinasi pada saat sintesis dari TiO₂²⁹. Suhu kalsinasi untuk pembentukan fase anatase TiO₂ berkisar pada suhu 400°C - 500°C dan fase rutil suhu 550°C - 900°C^{30,31}. Fase anatase dan rutil lebih stabil secara termodinamika dibanding fase brokite. Aktifitas fotokatalis fase anatase lebih tinggi dari rutil dengan kecepatan elektron 89 kali³².

TiO₂ memiliki energi celah pita ($E_g = 3.0-3.2$ eV), dan lebih efektif mengkonversi energi surya (UV-Vis). TiO₂ memiliki karakteristik multifungsi, memungkinkan penggunaannya dalam berbagai aplikasi pada industri cat²⁸, kosmetik¹², zat anti mikroba³³, pengolahan limbah organik³⁴, penyimpanan energi³⁵. TiO₂ fase struktur anatase dengan celah pita ($E_g = 3.2$ eV) merupakan senyawa fotokatalis yang aktif pada spektrum sinar ultra violet. Ketika diberi foton UV akan terjadi transportasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, selanjutnya elektron-hole (e^- , h^+) mengalami redoks dan menghasilkan radikal bebas seperti superoksida ($\cdot O_2^-$) dan hidroksil ($\cdot OH$)³⁶. Konsep dasar fotokatalis ini dapat sebagai gambaran untuk memahami aplikasi TiO₂ sebagai material biomedis³⁷.

TiO₂ memiliki sifat antibakteri untuk beberapa bakteri patogen²⁷, anti oksidan dan anti inflamasi^{35,33}. Rilda, *et.al*, (2023) mengaplikasikan Ti *doped* ZnO untuk menghambat pertumbuhan sel bakteri *Staphylococcus epidermidis*³⁸; Wang, *et.al*, (2024) mensintesis ZnO/TiO₂ untuk menghambat pertumbuhan jamur (*Aspergillus niger* dan *penicillium citrinum*) dan bakteri (*Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*³⁹; Zhang *et.al*, (2022) telah melakukan sintesis Y *doped* TiO₂ untuk menghambat bakteri *S. aureus* dan *E. coli*⁴⁰; Rilda, *et.al*, (2024) mensintesis Fe, Co, Ni, Cu, dan Zn *doped* TiO₂ untuk menghambat pertumbuhan sel bakteri *Salmonella sp.* dan *S.aureus*²²; Pathak *et.al*, (2019) telah melakukan doping beberapa logam salah satunya Au *doped* TiO₂ untuk menghambat bakteri *S. aureus* dan *E. Coli*⁴¹.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis TiO₂ dan peningkatan aktivitas fotokatalis dilakukan dengan penambahan ion *doped* Au³⁺ dan Y³⁺, dengan target fase struktur anatase sehingga disebut sebagai nanostruktur (Au-Y-TiO₂), untuk aplikasi sebagai material biomedis. Penggunaan ekstrak daun gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) sebagai *capping agent*, sejauh ini belum diaporkan untuk sintesis Au dan Y *doped* TiO₂. Selanjutnya menentukan potensi dari

produk Au/Y *doped* TiO₂ yang telah disintesis sebagai material biomedis seperti antibakteri dan antioksidan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu apakah komponen bioaktif ekstrak daun gambir dapat digunakan sebagai *capping agent* dalam sintesis Au-Y *doped* TiO₂, apakah dengan menggunakan *doped* ion bimetal Au dan Y dapat memodifikasi morfologi nanostruktur TiO₂, dan sejauh manakah efektifitas Au-Y *doped* TiO₂ NS sebagai material biomedis?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk :

- 1 . Mensintesis Au-Y *doped* TiO₂ dengan menggunakan senyawa bioaktif ekstrak daun gambir sebagai sumber *capping agent*
- 2 . Memodifikasi morfologi struktur, ukuran dan luas permukaan TiO₂ dan TiO₂ *doped* ion Au dan Y dan karakterisasi dengan TGA-DTA, XRD, FTIR, FE-SEM, dan UV Vis DRS
- 3 . Melakukan uji aktifitas antibakteri dan antioksidan dari TiO₂, Au- TiO₂, Y-TiO₂ dan Au-Y *doped* TiO₂ NS

1.4 Manfaat Penelitian

- 1 . Penelitian ini sebagai wujud aplikasi disiplin ilmu kimia untuk meningkatkan wawasan berpikir ilmiah dalam memahami ilmu pengetahuan.
- 2 . Memberikan referensi atau acuan konsep nanoteknologi dalam sintesis TiO₂.
- 3 . Meningkatkan pemanfaatan khazanah lokal Sumatra Barat untuk mengoptimalkan nilai ekonomis.

