

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Nanopartikel logam merupakan kandidat agen kontras yang potensial karena memiliki nomor atom (Z) tinggi dan ukuran skala nano. Hal tersebut dapat meningkatkan atenuasi sinar-X melalui interaksi fotoelektrik, dimana foton lebih banyak diserap oleh atom karena kepadatan elektronnya yang tinggi, energi ikatnya kuat dan waktu paruh sirkulasinya lebih lama (Ibrahim et al., 2024). Nanopartikel emas (Au; $Z = 79$) memiliki nomor atom lebih tinggi dibandingkan iodin (I; $Z = 53$), serta bersifat biokompatibel dan inert, sehingga menawarkan performa kontras yang lebih baik (Moore et al., 2021). Kinerjanya dapat ditingkatkan melalui penambahan bismut (Bi; $Z = 83$), yang dapat meningkatkan kemampuan serapan sinar-X, sehingga menghasilkan agen kontras dengan atenuasi sinar-X yang lebih maksimal. Dengan demikian, kombinasi Au NPs– Bi_2O_3 melalui proses sintesis berpotensi menghasilkan agen kontras dengan atenuasi lebih tinggi dan kualitas citra CT yang lebih baik dibandingkan iodin (Sadeghian et al., 2020; Takiguchi et al., 2025).

Nanopartikel emas dapat disintesis melalui metode fisika maupun kimia, namun metode fisika *Pulsed Laser Ablation in Liquid* (PLAL) menjadi pilihan yang lebih efektif karena mampu menghasilkan nanopartikel murni tanpa bahan kimia tambahan yang tidak diperlukan untuk bahan agen kontras (Dadashi et al., 2019; Dell’Aglia et al., 2015). Pada metode ini, pulsa laser Nd:YAG berenergi tinggi diarahkan ke target logam yang berinteraksi dengan bismut oksida sebagai medium cair, dimana pada saat gelembung kavitas mengalami pendinginan cepat Bi_2O_3 dapat berinteraksi dengan Au NP sehingga mempengaruhi karakteristik nanopartikel yang termodifikasi. Hasil akhir sintesis akan membentuk nanopartikel termodifikasi yang stabil dan homogen pada medium cair tersebut (Toghan et al., 2023). Kondisi tersebut memungkinkan untuk dilakukan penambahan larutan bismut oksida sebagai medium cair sintesis pembentukan

nanopartikel emas termodifikasi secara langsung, sehingga dapat meningkatkan kinerjanya sebagai agen kontras CT-Scan yang biokompatibel.

Computed Tomography (CT) merupakan teknik pencitraan diagnostik yang mampu menampilkan struktur anatomi tubuh secara tiga dimensi, sehingga berperan dalam mendeteksi kelainan jaringan dan mengevaluasi berbagai kondisi klinis (Arrigoni et al., 2020). Hasil visualisasi citra CT didasarkan pada perbedaan koefisien atenuasi dimana kepadatan jaringan yang lebih tinggi cenderung terdeteksi lebih kontras, sedangkan dengan kepadatan yang mirip dan lunak kontras lebih rendah dan diperlukan agen kontras untuk meningkatkan visualisasi dan diferensiasi kontras jaringan (Lusic et al., 2013).

Agen kontras berbasis iodine saat ini masih digunakan untuk meningkatkan kontras citra CT, tetapi memiliki keterbatasan untuk mencapai kontras yang memadai karena waktu paruhnya yang singkat, sehingga memerlukan peningkatan dosis (Hainfeld et al., 2018). Namun, peningkatan dosis ini dapat meningkatkan resiko efek samping seperti alergi yang menyebabkan ruam kulit, hingga penurunan fungsi ginjal karena efek nefrotoksik dari agen kontras (CIN) yang dapat membatasi penggunaannya pada pasien dengan gangguan ginjal (Y. Li et al., 2024). Keterbatasan ini mendorong pengembangan agen kontras baru saat ini dengan memanfaatkan nanopartikel logam karena kepadatan elektronnya yang tinggi, sifat atenuasi sinar-X tinggi dan aman (Glancy et al., 2023).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Mzwd et al (2022) berhasil mensintesis Au NP menggunakan metode PLAL dengan Gum Arabic sebagai stabilizer. Nanopartikel yang dihasilkan menunjukkan peningkatan nilai *CT-Number* (HU) secara linier terhadap konsentrasi stabilizer, menandakan potensi yang baik sebagai agen kontras CT dengan menambahkan stabilizer. Namun, penelitian tersebut belum mengeksplorasi performa lanjut peningkatan kinerja Au NP melalui strategi Au NP termodifikasi karena penambahan bismut. Sintesis ZnO NP doping bismut menggunakan metode PLAL untuk aplikasi fotokatalis telah dilakukan oleh Khumaeni et al (2025) menunjukkan adanya modifikasi elektronik, peningkatan densitas nanopartikel dan perubahan sifat optik akibat keberhasilan doping, sehingga mampu meningkatkan laju degradasi metilen biru di

bawah sinar UV sebesar 25% dibandingkan ZnO murni. Keberhasilan dopan dalam peningkatan densitas nanopartikel tersebut, terbukti dapat dimanfaatkan sebagai strategi untuk mengoptimalkan kinerja Au NP sebagai aplikasi agen kontras CT. Pada penelitian Takiguchi et al (2025) melakukan sintesis Au NP coating bismut oksida menggunakan metode kimia dengan PVP sebagai stabilizer. Nanopartikel yang dihasilkan mampu menunjukkan peningkatan nilai *CT-Number* sebesar 4,2 kali lebih besar dibandingkan agen kontras iodin. Namun, penelitian ini menggunakan metode kimia yang memerlukan bahan kimia tambahan yang tidak diperlukan untuk bahan agen kontras CT.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sintesis nanopartikel emas termodifikasi bismut oksida dengan mengevaluasi pengaruh penambahan dan variasi konsentrasi bismut oksida yang ditentukan sebagai medium cair sintesis. Sintesis dilakukan dengan metode fisika ablasi laser pulsa Nd:YAG. Untuk mencegah ketidakstabilan aglomerasi partikel serta kontrol interaksi kimia nanopartikel emas penambahan bismut dapat dengan menambahkan *Polyethylene Glycol* (PEG) sehingga menghasilkan agen kontras dengan nanopartikel yang stabil dan homogen (Leopold et al., 2013). Hasil sintesis dikarakterisasi dengan beberapa uji diantaranya pengujian *UV-Vis Spectroscopy*, *Transmission Electron Microscopy* (TEM), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk memperoleh karakteristik spektrum serapan UV-Vis, morfologi, gugus fungsi, struktur kristal, fase kristal dan keberhasilan nanopartikel emas termodifikasi bismuth oksida. Kemudian, agen kontras diuji secara *in vitro* untuk menilai kemampuannya sebagai alternatif agen kontras konvensional pada perangkat *CT-Scan* dengan melihat *CT Number*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh nanopartikel emas termodifikasi bismut oksida menggunakan metode *Pulsed Laser Ablation in Liquid* (PLAL).
2. Memperoleh karakteristik spektrum serapan UV-Vis, struktur kristal, morfologi dan gugus fungsi dari nanopartikel emas termodifikasi bismut

oksida yang dihasilkan dengan melakukan pengujian UV-Vis, XRD, TEM, dan FTIR.

3. Mengaplikasikan nanopartikel emas termodifikasi bismut oksida sebagai agen kontras menggunakan CT-Scan secara *in vitro* dengan menganalisa nilai *CT-Number* (HU) yang diperoleh.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah mengetahui potensi nanopartikel emas termodifikasi bismut berdasarkan hasil karakterisasi dan nilai *CT-Number* sebagai kajian lanjut aplikasi klinis alternatif agen kontras yang lebih baik dibandingkan agen kontras konvensional untuk meningkatkan kontras citra pada pemeriksaan menggunakan CT-Scan.