

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Computed Tomography Scan (CT SCAN) digunakan untuk mendiagnosis penyakit pada bagian dalam tubuh manusia menggunakan sinar-X untuk menghasilkan penampang tubuh yang detail. Berbagai jaringan tubuh dapat dengan mudah terlihat melalui pemindaian CT. Namun, salah satu tantangan dari pemindaian CT adalah keterbatasan dalam meningkatkan kontras, yang menyebabkan kesulitan untuk membedakan jaringan yang saling berdekatan, seperti antara jaringan hati dan tumor. Oleh karena itu, dibutuhkan agen kontras untuk meningkatkan kontras sehingga dapat memperjelas perbedaan antar jaringan (Lusic & Grinstaff, 2013).

Agen kontras adalah zat yang digunakan untuk meningkatkan kontras dalam gambar. Agen kontras bekerja dengan cara menyerap radiasi X-ray pada tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan jaringan tubuh, sehingga meningkatkan kontras antar jaringan yang berbeda dalam tubuh (Erturk dkk., 2021). Agen kontras yang umumnya digunakan pada pemindaian CT adalah agen kontras berbasis iodin. Agen kontras ini bekerja dengan meningkatkan attenuasi sinar-X yang membantu membedakan antar jaringan. Namun, agen kontras iodin memiliki beberapa kekurangan yaitu reaksi alergi mulai dari yang ringan hingga yang berat, gangguan fungsi ginjal, dan waktu sirkulasi yang singkat sehingga membatasi durasi kontras dalam pemindaian (Arenas-Jiménez dkk., 2024; Lusic & Grinstaff, 2013). Selain itu, iodin juga memiliki keterbatasan dalam meningkatkan kontras jaringan, sering kali membutuhkan dosis yang lebih tinggi untuk hasil lebih optimal, yang beresiko meningkatkan efek samping (Aslan dkk., 2020).

Pada beberapa dekade terakhir peneliti berupaya mengembangkan alternatif agen kontras menggunakan bahan nanopartikel. Nanopartikel memiliki beberapa keunggulan sebagai agen kontras, seperti waktu sirkulasi yang lebih panjang serta kemudahan dalam modifikasi permukaan (Liu & Zhang, 2012). Beberapa nanopartikel

yang dapat digunakan sebagai agen kontras adalah emas (Au), pelatinum (Pt) dan perak (Ag) telah banyak dikembangkan sebagai agen kontras CT-Scan, karena kemampuannya dalam meningkatkan nilai *Hounsfield Units* (HU). Namun, nanopartikel yang berbasis logam mulia memiliki kelemahan dalam hal biaya material yang relatif tinggi, sehingga kurang ideal untuk aplikasi jangka panjang atau penerapan secara skala klinis yang lebih luas. Hal ini mendorong pengembangan pendekatan yang memanfaatkan molibdenum (Mo) sebagai alternatif. Mo adalah logam transisi dengan nomor atom menengah ($Z=42$) sehingga tetap memberikan atenuasi sinar-X yang baik, tetapi biaya bahan bakunya jauh lebih rendah dibandingkan nanopartikel berbasis logam mulia (Hsu dkk., 2023; Piñeiro García dkk., 2023).

Nanopartikel berbasis molibdenum telah menarik perhatian dalam bidang pencitraan medis karena nomor atomnya yang tinggi memberikan kemampuan atenuasi sinar-X yang baik. Penelitian yang dilakukan oleh Li dkk (2017), menunjukkan bahwa *nanocluster molybdenum oxide* (MoO_2) dapat digunakan sebagai agen theranostic, peningkatan nilai *CT-number* meningkat secara linear terhadap konsentrasi, akan tetapi penelitian ini menggunakan metode *one-step hydrothermal synthesis*, yaitu teknik sintesis pembentukan nanomaterial yang berlangsung dalam satu tahap reaksi di autoklaf. Metode ini memiliki keterbatasan pada penggunaan prekursor logam larut dan surfaktan polimerik sehingga berpotensi meninggalkan residu kimia dan memerlukan proses pemurnian melalui sentrifugasi serta pencucian berulang sebelum pengaplikasian biomedis. Selain itu, penelitian yang dilakukan Nieves dkk (2024) juga menunjukkan bahwa nanopartikel *molybdenum disulfide* (MoS_2) mampu menghasilkan kontras yang lebih baik dibandingkan agen kontras berbasis iodine pada modalitas *dual-energy mammography* dan CT-Scan. Namun, penelitian ini masih menggunakan metode *aqueous synthesis*, yaitu reaksi kimia dalam medium air yang memerlukan penambahan ligan atau bahan kimia tertentu untuk mengendalikan ukuran dan kestabilan nanopartikel. Penggunaan bahan kimia tambahan ini berpotensi meninggalkan residu pada produk nanopartikel, sehingga kemurnian dari nanopartikel menjadi salah satu keterbatasan untuk aplikasi biomedis.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode sintesis *pulsed laser ablation in liquid* (PLAL) dapat menjadi alternatif menjanjikan karena mampu menghasilkan nanopartikel langsung dari target logam tanpa menggunakan prekursor kimia maupun surfaktan tambahan. Dalam penelitian sebelumnya oleh Makumuria dan Sharma (2026), sintesis nanopartikel molibdenum menggunakan *pulsed laser ablation in liquid* atau ablasi laser pulsa dalam air terdeionisasi atau air suling menghasilkan nanopartikel molibdenum yang memiliki kemurnian tinggi, tetapi kestabilan nanopartikel dan kesesuaiannya untuk aplikasi biomedis belum menjadi fokus utama penelitian ini.

Stabilitas penyebaran nanopartikel sangat dipengaruhi oleh keberadaan *capping agent*. Alginat berfungsi sebagai penstabil permukaan nanopartikel yang efisien. Sebagai biopolimer polianionik, alginat memiliki gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$) bermuatan negatif yang dapat berikatan dengan permukaan nanopartikel, sehingga mencegah agregasi dan menjaga nanopartikel tetap terdispersi secara merata dalam medium cair. Penerapan alginat sebagai agen pelindung dan stabilizer terbukti mampu menghasilkan nanopartikel dengan ukuran lebih kecil, distribusi ukuran yang lebih sempit, serta stabilitas koloid yang lebih baik (Foliatini dkk., 2015; Tripathi dkk., 2025). Penelitian ini secara spesifik menggabungkan penggunaan ablasi laser pulsa untuk mensintesis molibdenum oksida dalam medium cair alginat sebagai agen kontras CT-Scan, sehingga penelitian ini memiliki kebaharuan yang kuat.

Dengan demikian, untuk mengembangkan potensi nanopartikel molibdenum oksida dengan medium cair alginat sebagai agen kontras pada CT, penelitian ini mencoba mensintesis nanopartikel molibdenum oksida dengan metode PLAL. Untuk mengetahui bentuk dan karakteristik nanopartikel molibdenum dilakukan pengujian diantaranya *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Selanjutnya koloid nanopartikel molibdenum oksida diuji secara *in-vitro* sebagai agen kontras *Computed Tomography Scan* (CT-Scan).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mensintesis produk nanopartikel molibdenum oksida di medium larutan alginat menggunakan metode ablasi laser pulsa.
2. Menganalisis karakterisasi fisik nanopartikel molibdenum oksida di medium larutan alginat dengan melakukan uji TEM, XRD, FTIR, dan UV-Vis.
3. Menguji nanopartikel molibdenum sebagai alternatif agen kontras pada *CT-scan* secara *in vitro*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan agen kontras berbasis molibdenum oksida dalam larutan alginat yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk meningkatkan kualitas pencitraan medis pada *CT-scan*.