

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencitraan medis memegang peranan penting dalam proses diagnostik klinis, salah satunya melalui modalitas *Computed Tomography* (CT-Scan) yang mampu menghasilkan gambaran anatomi tubuh secara tiga dimensi dengan resolusi tinggi. CT-Scan banyak digunakan karena kemampuannya dalam membedakan jaringan lunak, pembuluh darah, maupun organ dalam secara detail. Akan tetapi, pada jaringan dengan densitas yang serupa, kemampuan diferensiasi kontras seringkali tidak memadai tanpa bantuan agen kontras eksogen. Agen kontras bekerja dengan meningkatkan perbedaan atenuasi sinar-X antar jaringan sehingga struktur patologis yang sulit teridentifikasi dapat tervisualisasi dengan lebih baik.

Agen kontras berbasis iodium telah menjadi pilihan utama dalam praktik klinis dalam beberapa dekade. Keterbatasan yang dimilikinya mendorong para peneliti untuk mengeksplorasi alternatif berbasis nanopartikel logam berat dengan sifat farmakokinetik yang lebih baik. Tantalum (Ta) menjadi salah satu kandidat yang menarik perhatian karena nomor atomnya yang tinggi ($Z = 73$) menghasilkan koefisien atenuasi sinar-X yang besar, disertai biokompatibilitas yang baik, sehingga berpotensi meningkatkan kontras citra secara signifikan (Bonitatibus *et al.*, 2012). Selain unggul secara fisis, Tantalum juga lebih ekonomis dibandingkan logam mulia seperti emas dan platinum yang umum dipertimbangkan sebagai material nanopartikel agen kontras (Pawelec *et al.*, 2023). Narasimhan *et al.* (2021) mengkonfirmasi bahwa nanopartikel Tantalum Oksida (TaOx) merupakan agen kontras CT yang biokompatibel dan berpotensi diintegrasikan dalam sistem pencitraan multimodal yang menggabungkan sinyal CT dengan luminesen optik tereksitasi sinar-X. Dibandingkan agen kontras konvensional, nanopartikel tantalum memiliki ukuran yang dapat dikendalikan serta luas permukaan yang besar, yang membuka kemungkinan modifikasi permukaan untuk keperluan

penargetan spesifik pada jaringan atau organ tertentu. Hal ini menjadikan Tantalum tidak hanya relevan sebagai agen kontras pasif, tetapi juga berpotensi dikembangkan sebagai platform diagnostik yang lebih terarah di masa mendatang.

Penelitian terhadap nanopartikel tantalum oksida sebagai agen kontras CT yang telah dilaporkan sejauh ini masih menyimpan sejumlah keterbatasan. Metode sintesis yang digunakan umumnya melibatkan reagen kimia tambahan yang berpotensi meninggalkan residu dalam produk akhir sehingga menimbulkan kekhawatiran terhadap keamanan biologisnya. Evaluasi performa kontras pada penelitian tersebut juga masih menggunakan sistem Micro-CT praklinis dan belum dilakukan secara langsung pada CT-Scan klinis dengan parameter terstandarisasi. Selain metode tersebut, metode ablasi laser pulsa mulai banyak dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain proses sintesis yang bersih, tidak memerlukan reagen toksik maupun prekursor kimia tambahan, serta mampu menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian tinggi (Barcikowski & Compagnini, 2013). Oleh karena itu, metode ablasi laser pulsa menjadi alternatif yang menarik untuk sintesis nanopartikel TaOx sebagai kandidat agen kontras CT-Scan klinis.

Penerapan ablasi laser pulsa dalam sintesis nanopartikel TaOx masih menghadapi tantangan berupa rendahnya kestabilan koloid akibat kecenderungan nanopartikel beraglomerasi dalam medium cair, yang dapat mengurangi efektivitasnya sebagai agen kontras *in vivo* karena kestabilan koloid merupakan syarat penting untuk distribusi yang merata dalam sistem biologis. Tantangan ini diatasi melalui pemilihan medium sintesis yang sesuai, dalam penelitian ini alginat digunakan sebagai medium sintesis sekaligus capping agent karena sifatnya yang biokompatibel, mudah larut dalam air, dan mampu menstabilkan koloid melalui interaksi gugus hidroksil dan karboksilnya dengan permukaan partikel. Penggunaan alginat dengan variasi konsentrasi (0,3%; 0,5%; dan 0,7%) dalam ablasi laser pulsa TaOx merupakan pendekatan yang belum pernah dilaporkan sebelumnya, sehingga menjadi kebaruan utama penelitian ini.

Karakterisasi nanopartikel dilakukan melalui UV-Vis, XRD, FTIR, dan FESEM-EDX untuk memperoleh informasi yang saling melengkapi mengenai sifat

optik, struktur kristal, gugus fungsi, serta morfologi dan komposisi elemental nanopartikel. Hasil karakterisasi ini menjadi dasar untuk menilai kualitas produk sintesis dan mengevaluasi potensinya sebagai agen kontras CT-Scan melalui uji atenuasi sinar-X yang terstandarisasi (Liu *et al.*, 2022). Penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan agen kontras berbasis nanopartikel yang lebih aman dan efektif, serta membuka peluang penelitian lanjutan di bidang nanomedisin diagnostik.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mensintesis nanopartikel tantalum oksida menggunakan metode ablasi laser pulsa dalam medium larutan alginat.
2. Mengkarakterisasi nanopartikel tantalum oksida melalui uji karakterisasi UV-Vis, XRD, FTIR, dan FESEM-EDX.
3. Menganalisis potensi nanopartikel tantalum oksida dengan medium larutan alginat sebagai agen kontras CT-Scan berdasarkan HU dan CNR.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai proses sintesis nanopartikel tantalum oksida menggunakan metode ablasi laser pulsa dalam medium larutan alginat.
2. Memperoleh identifikasi karakteristik nanopartikel tantalum oksida melalui uji karakterisasi UV-Vis, XRD, FTIR, dan FESEM-EDX
3. Memperoleh nilai HU dan CNR untuk menganalisis potensi nanopartikel tantalum oksida sebagai agen kontras CT-Scan.