

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resistensi bakteri terhadap antibiotik menjadi salah satu permasalahan kesehatan global yang semakin meningkat dalam beberapa dekade terakhir. Laporan menunjukkan bahwa konsumsi antibiotik secara global mengalami peningkatan sebesar 21% dalam periode 2016 hingga 2024 (Klein dkk., 2024), yang berdampak pada meningkatnya tingkat resistensi bakteri, termasuk *Escherichia coli* sebesar 42% (Biswas dkk., 2024; Fang dkk., 2023). Penggunaan antibiotik yang tidak tepat dan berlebihan dapat memicu munculnya bakteri yang resisten sehingga menurunkan efektivitas terapi infeksi (Gupta dan Sharma, 2022). Kondisi ini mendorong pengembangan alternatif antibakteri baru yang lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen.

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk mengatasi masalah resistensi bakteri terhadap antibiotik adalah pemanfaatan nanopartikel sebagai agen antibakteri. Nanopartikel didefinisikan sebagai material yang berukuran kurang dari 100 nanometer (Joudeh dan Linke, 2022). Pada dimensi nano, material mengalami peningkatan yang signifikan pada berbagai karakteristik fisik dan kimia dibandingkan material bulk (Alrebdi dkk., 2022). Luas permukaan spesifik yang besar dibandingkan volumenya memungkinkan terjadinya interaksi yang lebih intensif dengan sel bakteri, sehingga meningkatkan aktivitas antibakteri melalui mekanisme seperti kerusakan membran sel, gangguan metabolisme, serta pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) (Khan dan Saeed, 2019).

Di antara berbagai jenis nanopartikel, nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) berpotensi digunakan sebagai agen antibakteri alternatif. Nanopartikel berbasis molibdenum oksida diketahui memiliki keunggulan stabilitas kimia yang baik serta aktivitas katalitik yang tinggi, sehingga berpotensi meningkatkan aktivitas antibakteri (Samantaray dkk., 2020). Beberapa penelitian melaporkan bahwa nanopartikel MoO_x mampu menghasilkan ROS yang dapat merusak

membran sel bakteri, protein maupun material genetik sehingga menyebabkan kematian sel bakteri (Cao dkk., 2019; Yousaf dkk., 2018).

Berbagai metode telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x). Lopes dkk. (2018) melaporkan bahwa nanopartikel molibdenum oksida yang disintesis menggunakan metode *wet chemical* menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli*, dengan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) pada rentang 700–800 mg/L. Penelitian lain oleh Nunna dkk. (2023) menunjukkan bahwa nanopartikel $\alpha\text{-MoO}_3$ berukuran 70–100 nm yang disintesis menggunakan metode hidrotermal menghasilkan zona hambat yang signifikan terhadap *Klebsiella pneumoniae* dan *Staphylococcus aureus*. Meskipun metode kimia seperti *wet chemical* dan hidrotermal banyak digunakan, metode tersebut umumnya memerlukan penggunaan bahan kimia tambahan, serta proses yang relatif kompleks. Selain metode tersebut, metode ablasi laser pulsa dalam medium cair juga mulai banyak dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain proses sintesis yang relatif sederhana, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, serta mampu menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian tinggi. Oleh karena itu, metode ablasi laser pulsa dalam medium cair menjadi alternatif yang menarik untuk sintesis nanopartikel MoO_x .

Meskipun demikian, penerapan nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) masih menghadapi kendala utama berupa aglomerasi. Kondisi ini dipicu oleh tingginya energi permukaan nanopartikel, yang menyebabkan penurunan luas permukaan efektif dan berakibat pada berkurangnya interaksi dengan sel bakteri (Stankic dkk., 2016). Upaya untuk meminimalkan aglomerasi dapat dilakukan melalui pemilihan medium sintesis yang sesuai. Dalam penelitian ini, kitosan digunakan sebagai medium sintesis karena multifungsi sebagai agen penstabil, pereduksi, serta pengontrol ukuran nanopartikel (Phan dkk., 2021). Penelitian Mohd Sultan dan Johan (2014) menunjukkan bahwa kitosan mampu mempertahankan stabilitas nanopartikel logam hingga satu bulan melalui mekanisme hambatan sterik yang dihasilkan oleh gugus aminonya. Selain itu, kitosan bersifat biokompatibel, biodegradabel, serta memiliki aktivitas antibakteri intrinsik yang berpotensi memberikan efek sinergis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian mengenai sintesis nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) menggunakan metode ablasi laser pulsa dalam medium kitosan penting untuk dilakukan guna memperoleh nanopartikel MoO_x dan mengevaluasi potensi aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *Escherichia coli*. Penggunaan kitosan sebagai medium diharapkan dapat membantu mengurangi kecenderungan aglomerasi dan meningkatkan efektivitasnya sebagai agen antibakteri. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai karakteristik dan potensi pemanfaatan nanopartikel MoO_x sebagai kandidat material antibakteri yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) yang disintesis dalam medium cair kitosan menggunakan metode ablasi laser pulsa Nd:YAG.
2. Memperoleh nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) dengan karakteristik sifat optik, gugus fungsi dan ikatan kimia, morfologi, serta ukuran kristal yang optimal berdasarkan analisis menggunakan *Ultraviolet-Visible (UV-Vis)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)*, serta *X-Ray Diffraction (XRD)*.
3. Memperoleh nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) yang dapat digunakan sebagai agen antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai sintesis nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) menggunakan metode ablasi laser pulsa Nd:YAG dalam medium kitosan.
2. Memberikan informasi data karakterisasi nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) meliputi analisis *Ultraviolet-Visible (UV-Vis)*, *Fourier Transform*

Infrared (FTIR), Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM), dan X-Ray Diffraction (XRD).

3. Memberikan informasi awal mengenai potensi nanopartikel molibdenum oksida (MoO_x) sebagai agen antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli*.