

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Isu pencemaran lingkungan masih menjadi perhatian utama, dan limbah dari kegiatan industri menjadi salah satu penyebab terbesarnya. Seiring perkembangan pesat industri di Indonesia, volume dan ragam limbah yang dihasilkan ikut bertambah, meliputi limbah padat, cair, maupun gas. Industri tekstil, misalnya (Yeni dkk., 2015), banyak memanfaatkan zat pewarna. Pembuangan limbah pewarna dari industri ini tanpa pengolahan yang tepat dapat menimbulkan dampak negatif signifikan. Pewarna tekstil dikenal bersifat toksik, bahkan berpotensi menyebabkan kanker jika kadarnya melampaui batas aman (Martinez dkk., 2015). Beberapa contoh pewarna sintetis yang umum digunakan antara lain anilin biru, biru alcyan, fuchsin basa, *methylene blue*, kristal violet, biru toluidin, dan merah kongo (Haleem dkk., 2024).

*Methylene blue* (MB) adalah salah satu pewarna sintetis yang sering dipakai di industri tekstil. Senyawa ini memiliki sifat yang cukup membahayakan, yaitu beracun, karsinogenik, dan sulit terurai secara alami (Din dkk., 2021). Menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri, batas konsentrasi MB yang diperbolehkan dalam air adalah 5–10 mg/L, atau sekitar 15,6–31,3  $\mu\text{M}$ . Jika limbah yang mengandung MB mencemari lingkungan melebihi ambang batas tersebut, risiko masalah kesehatan bagi makhluk hidup dapat meningkat (Khan dkk., 2022). Oleh sebab itu, deteksi keberadaan MB, meskipun dalam kadar rendah, sangatlah krusial. Berbagai metode analisis telah dikembangkan, seperti spektrofotometri UV-Vis, kromatografi, elektrokimia, serta SERS (Surface Enhanced Raman Scattering). Di antara berbagai teknik tersebut, SERS unggul karena kemampuannya dalam mendeteksi zat dengan sensitivitas dan selektivitas tinggi (Lee dkk., 2019). Metode ini bekerja dengan memperkuat sinyal Raman dari molekul yang terikat pada permukaan logam berukuran nano disebut sebagai substrat.

Ketertarikan besar dalam bidang sains dan teknologi tertuju pada riset nanopartikel (NP), sebab sifat-sifat uniknya (optik, termal, kimia, dan fisik) berbeda dari unsur dasarnya. Emas dan perak dalam bentuk nanopartikel punya sifat optik khas dan proses pembuatannya bisa diatur. Ini memungkinkan kita mengendalikan ukuran, bentuk, serta morfologinya, membuat nanopartikel emas dan perak ideal jadi substrat SERS (Gaba dkk., 2022). Dengan substrat dari nanopartikel emas, SERS bisa meningkatkan kepekaan deteksi *methylene blue*. Hal ini memfasilitasi identifikasi serta pengukuran konsentrasi zat warna ini dalam air limbah dengan efisien (Hutchins dkk., 2019). Seberapa baik substrat SERS bekerja sangat tergantung pada bagaimana struktur dan morfologi material logam yang dipakai. Nanopartikel emas menjadi pilihan karena stabil secara kimia dan sangat baik dalam memperkuat sinyal. Saat cahaya berinteraksi dengan nanopartikel emas, terjadi osilasi kolektif elektron pita konduksi, yang dikenal sebagai localized surface plasmon resonance (LSPR) (Unser dkk., 2015).

Banyak jenis sintesis yang bisa menghasilkan nanopartikel emas (AuNP) dengan bentuk seperti nanosphere, nanoshell, nanorod, nanocluster, nanocage, nanostar, dan nanoplate (Freitas dkk., 2018). Nanoplate Au tipis termasuk jenis nanokristal plasmonik yang penting. Dibandingkan Ag, nanoplate Au lebih tahan terhadap oksidasi kimia. Bentuk anisotropik nanoplate Au menggeser LSPR ke panjang gelombang di daerah tampak dan NIR. Bentuk atau morfologi nanopartikel emas (AuNPs) punya peran penting dalam memperkuat sinyal Raman pada teknik Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS). Nanopartikel berbentuk pelat pipih (nanoplate) punya bidang kristalografis dominan seperti {111} yang luas dan datar, yang bisa menghasilkan medan elektromagnetik lokal yang tinggi di tepi dan sudut partikel (Chen dkk., 2022). Struktur ini memungkinkan terbentuknya hotspot plasmonik intens yang sangat membantu dalam peningkatan sinyal Raman. Dibandingkan nanopartikel emas berbentuk bola, nanoplate menunjukkan resonansi plasmon permukaan lokal (LSPR) yang lebih tajam dan puncaknya bisa disesuaikan dengan panjang gelombang eksitasi laser. Ini memberi fleksibilitas dalam mendesain substrat SERS (Saputra dkk., 2023). Selain itu, nanoplate emas yang berinteraksi paralel di permukaan substrat bisa

membentuk *coupling* plasmonik yang kuat dan menghasilkan efek “hot spot” tambahan, sehingga meningkatkan sensitivitas deteksi molekul target seperti *methylene blue* (Belhout dkk., 2019). Jadi, nanopartikel emas berbentuk nanoplate sangat menjanjikan dalam pengembangan substrat SERS yang sensitif dan selektif.

Metode sintesis nanopartikel emas berbentuk seperti nanoplate kini semakin maju. Salah satu cara yang sering dipakai adalah metode kimiawi basah, yang memakai bahan pereduksi dan penstabil. Sayangnya, cara ini agak rumit dan butuh bahan kimia yang mahal, bahkan kadang berbahaya. Alternatif yang lebih mudah dan lebih baik bagi lingkungan adalah membuat nanoplate dengan reduksi fotokimia menggunakan sinar UV. Cara ini tidak memerlukan penstabil tambahan, jadi lebih efisien dan ramah lingkungan (Willian, 2022).

Riset yang dilakukan oleh Hidayah dkk. (2022), nanopartikel yang terbentuk dari sintesis menggunakan laser femtosekund dapat digunakan sebagai medan hotspot yang meningkatkan sinyal Raman dari analyte. Sedangkan Bharathi dkk. (2021), menunjukkan partikel emas yang dibentuk menjadi serat nano PVA dipakai sebagai alas SERS untuk menemukan *methylene blue*. Alas yang lentur ini bisa mendeteksi *methylene blue* hingga konsentrasi 5  $\mu\text{M}$  dengan faktor penguatan sekitar  $10^4$ , menunjukkan efektivitas yang tinggi serta hasil yang konsisten. Sementara itu, studi oleh Mercadal dkk. (2021) memperkenalkan metode satu langkah fotokimia dengan memakai radiasi UV untuk membuat AuNP langsung di permukaan alas. Walaupun bukan nanoplate secara langsung, cara ini tetap berguna untuk sintesis UV dan aplikasi SERS. Selain itu, penelitian terbaru oleh Haroon & Al-Saadi (2023) menunjukkan bahwa struktur gold nanoplates yang disintesis secara elektrokimia dapat digunakan sebagai substrat EC-SERS untuk mendeteksi molekul obat (anti-cancer drugs) dengan sensitivitas tinggi. Kombinasi efek plasmonik nanoplate dan interaksi elektro-kimia memperkuat sinyal Raman dari molekul target.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi *methylene blue* konsentrasi rendah melalui pengembangan substrat SERS berbasis nanopartikel emas berbentuk *nanoplate* yang disintesis menggunakan radiasi UV, diaplikasikan pada substrat silikon

wafer dengan metode drop casting. Penggunaan radiasi UV diharapkan dapat mengurangi kompleksitas proses sintesis dan meningkatkan efisiensi pembentukan nanopartikel nanoplate. Selain itu, metode *drop casting* diharapkan menghasilkan distribusi nanopartikel yang lebih seragam, memperbaiki performa substrat SERS dalam mendeteksi *methylene blue* pada konsentrasi rendah. Dengan morfologi unik nanopartikel nanoplate, diharapkan penguatan sinyal Raman dapat meningkat secara signifikan, menghasilkan substrat yang lebih sensitif dan efektif.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mensintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel Au berbentuk *hexagonal* (nanoplate) menggunakan metode *Photochemical reduction* menggunakan radiasi UV?
2. Berapa konsentrasi *methylene blue* (MB) terendah yang dapat dideteksi dengan nanopartikel Au berbentuk nanoplate sebagai substrat SERS?
3. Bagaimana performa SERS nanopartikel Au berbentuk nanoplate saat diuji dengan substrat silikon wafer?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis dan melakukan karakterisasi nanopartikel Au berbentuk *hexagonal* (*Nanoplate*) dengan metode *Photochemical reduction* menggunakan radiasi UV.
2. Menentukan konsentrasi MB terendah yang dapat dideteksi dari nanopartikel Au yang digunakan sebagai substrat SERS.
3. Menganalisis SERS nanopartikel Au berbentuk *hexagonal* dalam ukuran nano (*Nanoplate*) menggunakan substrat silikon wafer.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang baik untuk kedepannya. Berikut manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memperluas pemahaman tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel emas berbentuk nanoplate.
2. Meningkatkan sensitivitas deteksi *methylene blue* untuk aplikasi lingkungan.
3. Meningkatkan performa SERS nanopartikel emas berbentuk nanoplate pada substrat silikon wafer.

