

DOI: doi.org/10.21009/03.1401.FA07

NANOPARTIKEL EMAS (A_U): SINTESIS DAN UJI SIFAT ABSORBANSI PADA TEMPERATUR RUANG

Laelatul Dalilah^{1, a)}, Nadia Istiqomah¹⁾, Nur Indah Puspita¹⁾,
Affi Nur Hidayah^{2, b)}, Iwan Sugihartono^{1, c)}

¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta Timur 13220, Indonesia

²Pusat Riset Fotonika, BRIN, Kawasan Sains dan Teknologi B.J. Habibie, Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

Email: ^{a)}laelatuldalilah05@gmail.com, ^{b)}affi001@brin.go.id, ^{c)}iwan-sugihartono@unj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel emas (Au) menggunakan metode one-step synthesis dengan memanfaatkan sinar UV untuk mereduksi ion $HAuCl_4$ dalam larutan HEPES yang berperan sebagai agen reduksi. Proses sintesis nanopartikel emas dilakukan menggunakan cawan petri dengan dua variasi konsentrasi $HAuCl_4$, masing-masing 0.0026 M dan 0.0001 M, sedangkan konsentrasi HEPES 0.1 M. Setelah itu, sampel disinari dengan sinar UV di dalam rak 1, 2, dan 3 UV chamber selama 10 menit. Karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan spektrum absorbansi serta panjang gelombang (wavelength). Hasil sintesis $HAuCl_4$ dengan konsentrasi 0.0026 M menunjukkan warna ungu kemerahan, menandakan pembentukan nanopartikel emas (AuNP). Sementara pada konsentrasi 0.0001 M, larutan tetap bening transparan tanpa rona kemerahan, menandakan hampir tidak ada pembentukan partikel emas. Hasil spektrum UV-Vis mengkonfirmasi bahwa pada sampel 0.0026 M menunjukkan puncak SPR pada rentang 530-540 nm. Sedangkan pada sampel dengan konsentrasi 0.0001 M tidak menunjukkan adanya puncak.

Kata-kata kunci: $HAuCl_4$, Emas, Nanopartikel, UV-Vis.

Abstract

This study aims to synthesize gold nanoparticles (AuNPs) using a one-step synthesis method by utilizing UV light to reduce $HAuCl_4$ ions in a HEPES solution, which acts as a reducing agent. The synthesis process was carried out in petri dishes with two different concentrations of $HAuCl_4$, namely 0.0026 M and 0.0001 M, while the concentration of HEPES was kept at 0.1 M. The samples were then irradiated with UV light in racks 1, 2, and 3 of a UV chamber for 10 minutes. Characterization was performed using UV-Vis spectrophotometry to obtain the absorbance spectra and peak wavelengths. The synthesized sample with 0.0026 M $HAuCl_4$ exhibited a reddish-purple color, indicating the formation of gold nanoparticles (AuNPs). In contrast, the 0.0001 M sample remained clear and transparent without any reddish hue, suggesting minimal to no formation of gold particles. The UV-Vis spectra confirmed the presence of a surface plasmon resonance (SPR) peak in the range of 530–540 nm for the 0.0026 M sample, whereas the 0.0001 M sample showed no observable peak.

Keywords: $HAuCl_4$, Gold, Nanoparticles, UV-Vis.

PENDAHULUAN

Penelitian mengenai sifat fisik dan kimia suatu bahan terus dilakukan, tidak hanya untuk mengeksplorasi manfaat dari bahan tersebut, tetapi juga untuk mengembangkan cara-cara baru dalam penggunaannya. Penelitian ini berada dalam ranah yang dikenal sebagai nanoteknologi. Manfaat dari penelitian ini dapat dirasakan di berbagai bidang, termasuk sains, teknik, industri, dan medis. Materi yang menjadi fokus dalam nanoteknologi disebut nanopartikel. Nanopartikel adalah partikel atau materi yang memiliki ukuran antara 1 hingga 100 nm dalam skala nanometrik [9].

Salah satu jenis nanopartikel yang banyak diteliti adalah nanopartikel emas (AuNPs). AuNPs memiliki sifat optik yang unik, terutama fenomena resonansi plasmon permukaan lokal (LSPR) yang timbul akibat osilasi kolektif elektron bebas di permukaan nanopartikel saat berinteraksi dengan gelombang elektromagnetik [5]. Karakteristik ini membuat AuNPs memiliki puncak absorbansi yang spesifik dalam spektrum UV-Vis, yang sangat dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan kondisi lingkungan di sekitarnya [6].

Metode karakterisasi yang umum digunakan untuk mengamati LSPR adalah spektroskopi UV-Vis. Pada metode ini, puncak absorbansi AuNPs biasanya terdeteksi dalam rentang 520–550 nm, yang bervariasi tergantung pada kondisi sintesis yang diterapkan [4]. Faktor lingkungan, seperti temperatur, telah terbukti dapat memengaruhi absorbansi AuNPs, baik dalam hal intensitas maupun pergeseran puncak gelombang [8]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu dapat mengurangi intensitas absorbansi dan menyebabkan pelebaran puncak spektrum akibat peningkatan interaksi antara elektron dan fonon [3]. Sebaliknya, penurunan suhu cenderung menghasilkan absorbansi yang lebih tajam dan intens karena berkurangnya energi termal, yang mengakibatkan redaman osilasi plasmon menjadi lebih kecil [1]. Penelitian oleh Setyaningsih & Sahidu (2023) menunjukkan bahwa AuNPs yang dihasilkan melalui metode biosintesis tetap menunjukkan stabilitas meskipun disimpan pada suhu ruang dalam jangka waktu tertentu, dengan perubahan panjang gelombang yang minimal [10].

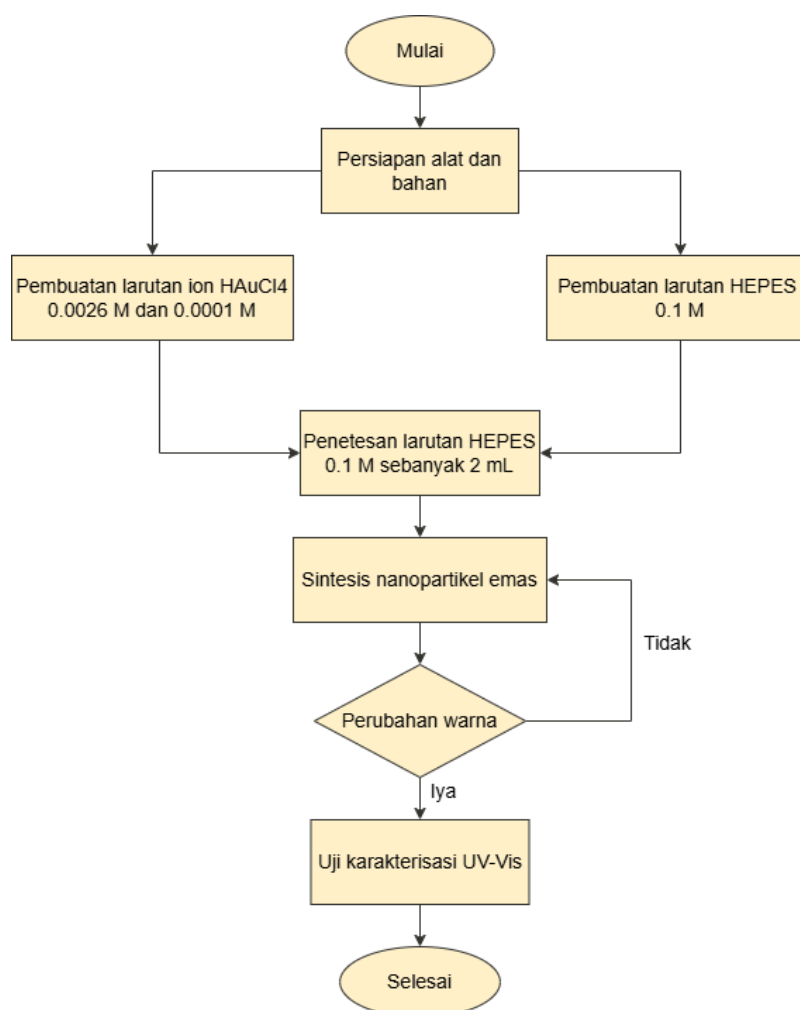
Dalam konteks sintesis AuNPs, penelitian oleh Xie (2007) menemukan bahwa HEPES tidak hanya berfungsi sebagai agen pereduksi yang efektif, tetapi juga mampu mengarahkan pertumbuhan nanopartikel emas dalam larutan berair menjadi struktur bercabang yang stabil. Hasilnya pun sangat mengesankan, dengan tingkat keberhasilan yang mencapai sekitar 92% [11]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Chen dkk. (2010) menunjukkan bahwa nanopartikel emas dapat disintesis dengan menggunakan hidrogen tetrachloroaurate(III) ($HAuCl_4$) dalam larutan buffer HEPES. Dalam proses ini, 1 mL larutan $HAuCl_4$ (10 mmol/L) dicampurkan dengan 9 mL buffer HEPES (50 mmol/L). Setelah dilakukan pengadukan, larutan yang sebelumnya tidak berwarna berubah menjadi merah, yang menandakan terbentuknya nanopartikel emas. HEPES berperan sebagai agen reduksi tanpa memerlukan tambahan agen lain, dan konsentrasi HEPES juga berpengaruh terhadap morfologi nanopartikel yang dihasilkan [2].

Lebih lanjut, penelitian dari Lv dkk. (2018) dalam metode ini, larutan HEPES disiapkan dengan konsentrasi 100 mM dan pH 7.4, yang kemudian dicampurkan dengan air deionisasi. Selanjutnya, berbagai volume larutan asam askorbat (AA) ditambahkan untuk mengendalikan morfologi nanopartikel yang dihasilkan. Setelah menambahkan 0.3 mL larutan $HAuCl_4$, campuran tersebut diaduk dan dibiarkan selama 40 menit pada suhu 4°C. Proses ini menghasilkan nanopartikel emas dengan morfologi yang dapat dimanipulasi, menyoroti efektivitas HEPES sebagai agen reduksi dalam sintesis nanopartikel emas [7].

Pada penelitian ini, akan dilakukan sintesis nanopartikel emas (AuNPs) menggunakan metode one-step synthesis dengan memanfaatkan iradiasi sinar UV untuk mereduksi ion $HAuCl_4$ dalam larutan HEPES. Metode ini dipilih karena memungkinkan proses sintesis yang lebih sederhana dan cepat tanpa memerlukan tahapan seed-mediated. Variasi konsentrasi $HAuCl_4$ (0.0026 M dan 0.0001 M) serta posisi rak dalam UV chamber digunakan untuk mengamati pengaruh prekursor dan intensitas cahaya terhadap morfologi dan kestabilan nanopartikel emas (AuNPs). Karakterisasi dilakukan melalui spektrum UV-Vis, dengan fokus pada kemunculan puncak Surface Plasmon Resonance (SPR) di sekitar 520–550 nm sebagai indikator keberhasilan pembentukan AuNPs.

METODOLOGI PENELITIAN**Material**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquabides (H_2O), Emas (III) klorida trihidrat ($HAuCl_4 \cdot 3H_2O$), dan buffer HEPES (4-(2-hydroxyethyl)-1-piperazinethanesulfonic acid). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu UV chamber, spektrofotometer UV-Vis, cawan petri, gelas kimia, mikropipet, botol sampel, neraca analitik, spatula, dan kuvet quartz.

Diagram Alir**GAMBAR 1.** Diagram alir

Kristal $HAuCl_4 \cdot 3H_2O$ seberat 0.05 gram diukur menggunakan neraca analitik dan dicampurkan dengan 50 mL aquabidest. Setelah itu, kristal yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam botol yang berisi aquabidest tersebut. Campuran ini diaduk perlahan hingga larut sepenuhnya, sehingga diperoleh larutan $HAuCl_4$ dengan konsentrasi 0.0026 M. Untuk mempersiapkan larutan $HAuCl_4$ dengan konsentrasi 0.0001 M, sebanyak 1,932 mL larutan $HAuCl_4$ 0.0026 M dilarutkan kembali dengan 48,077 mL aquabidest dalam botol baru, lalu dihomogenkan. Setelah itu, dibuat larutan HEPES dengan menimbang 1.2 gram serbuk HEPES dan menyiapkan 50 mL aquabidest. Selanjutnya, campuran tersebut diaduk hingga serbuk HEPES larut sempurna, sehingga diperoleh larutan HEPES dengan konsentrasi 0.1 M.

Proses sintesis dilakukan menggunakan cawan petri dengan dua variasi konsentrasi $HAuCl_4$, masing-masing 0.0026 M dan 0.0001 M, sedangkan konsentrasi HEPES tetap dipertahankan pada 0.1 M. Setiap sampel disiapkan dengan mencampurkan 3 mL aquabidest, 2 mL HEPES 0.1 M, dan 1 mL

larutan $HAuCl_4$ menggunakan mikropipet, lalu dikocok perlahan hingga tercampur secara homogen. Setelah mencapai homogenitas, sampel tersebut dipaparkan pada sinar UV di dalam UV chamber selama 10 menit, ditempatkan pada rak 1, 2, dan 3 dengan jarak antar rak sejauh 5 cm untuk mengamati pengaruh intensitas cahaya terhadap pembentukan nanopartikel. Setelah itu, larutan AuNPs dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Material




Nanopartikel emas (AuNPs) dihasilkan dari larutan prekursor $HAuCl_4$ (0.0026 M dan 0.0001 M) dengan menggunakan buffer HEPES (0.1 M) sebagai agen pereduksi. Proses sintesis dilakukan dalam cawan petri dengan perbandingan volume antara $HAuCl_4$ dan HEPES sebesar 1 mL : 2 mL. Setiap sampel disiapkan secara berurutan dan diberi label untuk memudahkan identifikasi selama pengamatan. Setelah tahap persiapan, sampel disinari dengan sinar UV di dalam rak 1, 2, dan 3 UV chamber selama 10 menit. Selanjutnya, karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan spektrum absorbansi serta panjang gelombang (*wavelength*). Data hasil pengukuran kemudian dianalisis dengan peran perangkat lunak Origin untuk mengamati puncak serapan yang menunjukkan pembentukan nanopartikel emas.

TABEL 1. Hasil perbandingan sintesis rak 1

	0.0026 M	0.0001 M
Konsentrasi		
Warna	Ungu kemerahan pekat	Bening
Bentuk		-


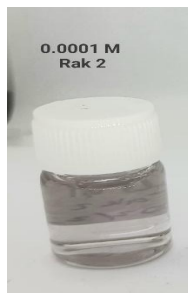

Pada tabel 1, larutan dengan konsentrasi $HAuCl_4$ 0.0026 M menunjukkan warna ungu kemerahan yang pekat, menandakan pembentukan nanopartikel emas (AuNP) dalam jumlah besar dengan ukuran partikel yang kemungkinan sedikit lebih besar atau berbentuk nanosphere besar. Sebaliknya, pada konsentrasi 0.0001 M, larutan tetap bening transparan tanpa rona kemerahan, menandakan hampir tidak ada pembentukan partikel emas.

TABEL 2. Hasil perbandingan sintesis rak 2

	0.0026 M	0.0001 M
Konsentrasi		
Warna	Ungu kemerahan pucat	Bening
Bentuk		-

Pada tabel 2, sampel 0,0026 M menunjukkan warna ungu kemerahan yang lebih pucat dibanding rak 1, mengindikasikan jumlah nanopartikel yang terbentuk lebih sedikit. Warna ini konsisten dengan terbentuknya nanosphere kecil. Sampel 0.0001 M kembali memperlihatkan larutan bening tanpa rona kemerahan, menandakan sintesis AuNPs tidak efektif pada konsentrasi rendah.

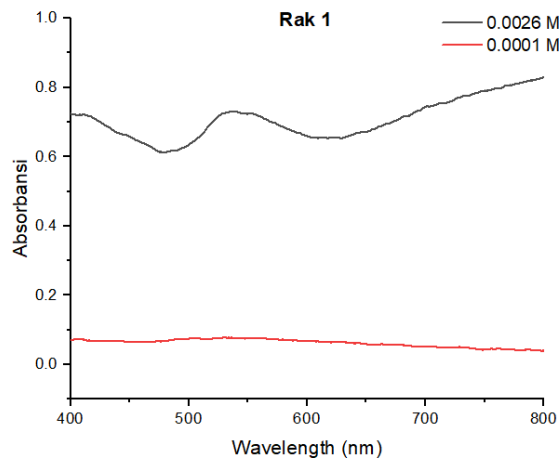
TABEL 3. Hasil perbandingan sintesis rak 3

	0.0026 M	0.0001 M
Konsentrasi		
Warna	Ungu kemerahan pucat	Bening
Bentuk		-

Pada tabel 3, larutan 0,0026 M menunjukkan warna ungu kemerahan sangat pucat, mengindikasikan jumlah nanopartikel paling sedikit di antara ketiga rak dan memungkinkan terbentuknya nanosphere kecil. Larutan 0,0001 M tetap bening tanpa indikasi pembentukan nanopartikel.

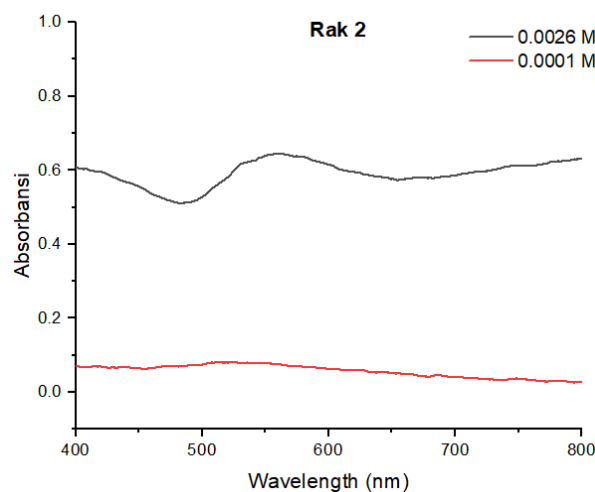
Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Pengujian dengan spektrometer UV-Vis bertujuan untuk menentukan panjang gelombang maksimum (λ_{max}) dari sampel, yaitu panjang gelombang di mana absorbansi paling tinggi terjadi. Untuk pengujian spektrometer UV-Vis, pada kompartemen sampel, sampel diposisikan dengan benar sehingga monokromator dapat melewati sampel. Sampel yang berupa larutan disimpan pada kuvet.



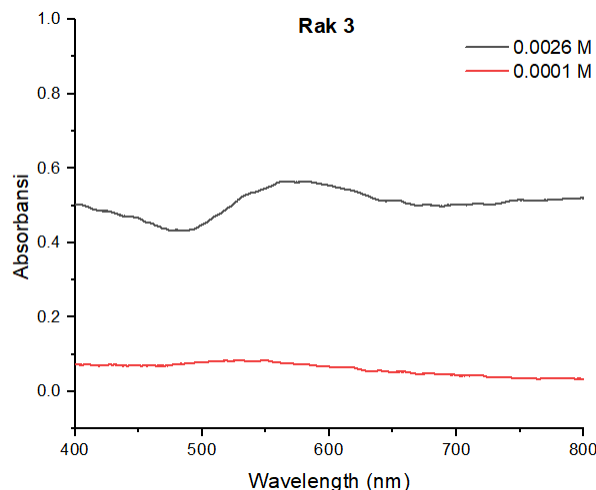
GAMBAR 5. Hasil uji UV-Vis rak 1

Hasil pengujian UV-Vis pada sintesis rak 1 dapat dilihat pada Gambar 5. Spektrum UV-Vis untuk rak 1 memperlihatkan bahwa sampel 0.0026 M menghasilkan puncak SPR yang tajam di rentang 530–540 nm dengan absorbansi maksimum sekitar 0.75, menunjukkan keberhasilan sintesis AuNP dengan partikel yang relatif seragam dan konsentrasi tinggi, di mana morfologi yang terbentuk berupa nanosphere berukuran besar. Sementara itu, sampel 0.0001 M tidak menampilkan puncak SPR yang jelas dan memiliki absorbansi mendekati nol, mengonfirmasi kegagalan dalam sintesis AuNP pada konsentrasi tersebut.



GAMBAR 6. Hasil uji UV-Vis rak 2

Pada Gambar 6. spektrum UV-Vis, sampel 0.0026 M di rak 2 masih menunjukkan puncak SPR pada rentang 530–540 nm dengan absorbansi sekitar 0.63, yang menandakan bahwa nanopartikel emas (AuNP) berhasil terbentuk meskipun dengan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan Rak 1. Berdasarkan bentuk kurva dan intensitasnya, partikel yang terbentuk berupa *nanosphere* berukuran kecil, yang umumnya memiliki puncak SPR tajam di wilayah tersebut dan warna larutan ungu kemerahan pucat. Sebaliknya, sampel 0.0001 M tidak menunjukkan puncak SPR dan memiliki absorbansi sangat rendah, sehingga mengindikasikan bahwa pembentukan AuNP tidak berhasil pada kondisi ini.



GAMBAR 7. Hasil uji UV-Vis rak 3

Hasil pengujian UV-Vis pada sintesis rak 3 dapat dilihat pada Gambar 7. Spektrum UV-Vis untuk rak 3 memperlihatkan puncak SPR pada rentang 530–540 nm dengan absorbansi sekitar 0.57 untuk sampel 0.0026 M, menandakan bahwa sintesis nanopartikel emas (AuNP) masih terjadi meskipun dengan jumlah dan efisiensi paling rendah di antara ketiga rak. Berdasarkan absorbansi yang relatif rendah dan warna larutan yang lebih pucat, partikel yang terbentuk diduga berupa nanosphere berukuran kecil, yang umum terbentuk ketika jumlah prekursor atau intensitas penyinaran tidak maksimal. Sementara itu, sampel 0.0001 M gagal menunjukkan puncak SPR dan tidak menunjukkan tanda-tanda pembentukan AuNP.

KESIMPULAN

Konsentrasi 0.0026 M $HAuCl_4$ berhasil mensintesis nanopartikel emas di semua posisi rak, dengan Rak 1 sebagai kondisi paling optimal ditandai oleh warna larutan ungu kemerahan pekat dan puncak SPR tertajam serta tertinggi. Sebaliknya, konsentrasi 0.0001 M tidak efektif di ketiga rak, karena larutan tetap bening dan tidak menunjukkan puncak SPR. Oleh karena itu, untuk sintesis AuNP menggunakan metode karakterisasi spektrofotometer UV-Vis, disarankan menggunakan $[HAuCl_4]$ 0.0026 M pada Rak 1 dalam UV chamber.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Affi Nur Hidayah, M.Si, dan Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si yang telah membimbing dan memberi arahan dalam penelitian ini, serta fasilitas pendukung dari Laboratorium Karakterisasi Fisika Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Semoga jurnal penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

REFERENSI

- [1] Ali, J., Wang, Y., & Xu, Y., "Detection of Pb²⁺ using glutathione-functionalized gold nanoparticles," *dalam RSC Advances*, 2018, vol. 8, no. 12, hal. 6238–6245.
- [2] Chen, R., Wu, J., Li, H., Cheng, G., Lu, Z., & Che, C. M., "Fabrication of gold nanoparticles with different morphologies in HEPES buffer," *dalam Rare Metals*, 2010, vol. 29, no. 2, hal. 180–186.
- [3] Fang, Y., et al., "Effect of low temperature on plasmon resonance of gold nanoparticles," *dalam The Journal of Physical Chemistry C*, 2021, vol. 125, no. 7, hal. 4310–4316.
- [4] Fitria, N., Supriyanti, D., & Sudrajat, R., "Sintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun tin sebagai agen pereduksi," *dalam Jurnal Khazanah Sains*, 2021, vol. 9, no. 1, hal. 1–8.
- [5] Huang, X., Neretina, S., & El-Sayed, M. A., "Gold nanorods: From synthesis and properties to biological and biomedical applications," *dalam Analyst*, 2016, vol. 141, no. 12, hal. 3539–3553.
- [6] Link, S., & El-Sayed, M. A., "Size and temperature dependence of the plasmon absorption of colloidal gold nanoparticles," *dalam The Journal of Physical Chemistry B*, 1999, vol. 103, no. 21, hal. 4212–4217.
- [7] Lv, W., Gu, C., Zeng, S., Han, J., Jiang, T., & Zhou, J., "One-Pot Synthesis of Multi-Branch Gold Nanoparticles and Investigation of Their SERS Performance," *dalam Biosensors*, 2018, vol. 8, no. 4, hal. 113.
- [8] Niskanen, J., et al., "Temperature-dependent plasmonic behavior of gold nanoparticles," *dalam Scientific Reports*, 2022, vol. 12, hal. 2164.
- [9] Sephia, R. A., Rahayu, M. O., Adawiyah, N. R., Fatwa, D. N., & Mursal, I. L. P., "Review Artikel: Analisis Karakteristik dan Pengaplikasian Teknologi Nanopartikel Berdasarkan Klasifikasinya Pada Berbagai Jenis Terapi," *dalam Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2023, vol. 9, no. 18, hal. 675-682.
- [10] Setyaningsih, R., & Sahidu, A. M., "Studi kestabilan nanopartikel emas hasil biosintesis selama penyimpanan," *dalam Jurnal Kimia Unand*, 2023, vol. 12, no. 2, hal. 55–60.
- [11] Xie, J., Lee, J. Y., & Wang, D. I. C., "Seedless, surfactantless, high-yield synthesis of branched gold nanocrystals in HEPES buffer solution," *dalam Chemistry of Materials*, vol. 19, no. 11, hal. 2823–2830.