

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK TERMODIFIKASI GLUTATHIONE MENGGUNAKAN REDUKTOR NaBH_4

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF GLUTATHIONE MODIFIED SILVER NANOPARTICLES USING NaBH_4 REDUCING AGENT

Adrian Maulana Aditya*, Daniel, Noor Hindryawati

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn. Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

*Corresponding Author : adrianmaulana1612@gmail.com

Article History

Submitted : 30 June 2025

Accepted: 28 July 2025

ABSTRACT

Silver nanoparticles (AgNPs) possess remarkable properties that make them suitable for various applications in biomedical, environmental, and catalytic fields. This study focuses on the synthesis and characterization of glutathione-modified silver nanoparticles (AgNPs-GSH) using sodium borohydride (NaBH_4) as a reducing agent. The reduction of AgNO_3 by NaBH_4 produces elemental silver nanoparticles, as indicated by a color change to bright yellow due to the localized surface plasmon resonance (LSPR) phenomenon. The synthesized nanoparticles were stabilized using glutathione (GSH), which binds through thiol (-SH), amine (- NH_2), and carboxyl (-COOH) functional groups, enhancing the stability and biocompatibility of the AgNPs. UV-Vis spectroscopic analysis revealed a maximum absorbance at 408 nm, consistent with the optical properties of silver nanoparticles. Furthermore, particle size analysis indicated an average nanoparticle size of 1.271 nm, with some degree of agglomeration. These findings suggest the successful synthesis and functionalization of AgNPs-GSH with potential applications in nanobiotechnology.

Keywords: Silver Nanoparticles, Glutathione, Nanotechnology, NaBH_4 .

1. PENDAHULUAN

Nanoteknologi adalah cabang teknologi yang fokus pada penciptaan material dengan ukuran nanometer. Teknologi ini memiliki peran yang sangat krusial dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan nanoteknologi, material pada skala nano atau nanopartikel dapat diproduksi yang memiliki sifat kimia dan fisika superior dibandingkan material dengan ukuran lebih besar. Nanopartikel logam menarik perhatian banyak pihak karena berbagai aplikasi potensialnya, seperti di bidang optik, biologi, katalisis, elektronik dan kedokteran.¹

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu *top down* (mengubah partikel yang lebih besar menjadi nanopartikel) dan *bottom up* (membangun nanopartikel dari partikel yang lebih kecil). Metode bottom-up dianggap lebih unggul dibandingkan top-down karena memungkinkan manipulasi nanopartikel yang lebih mudah. Biasanya, proses bottom-up dilakukan melalui reaksi reduksi, di mana ion Ag^+ direduksi menjadi Ag^0 , yang kemudian membentuk nanopartikel perak. Agar reaksi reduksi ini berlangsung efektif, diperlukan agen pereduksi untuk memperlancar proses tersebut.² Dari berbagai metode yang tersedia, proses

reduksi dalam larutan dinilai lebih hemat biaya. Keunggulan ini disebabkan oleh kebutuhan alat yang minimal, yaitu hanya memerlukan reaktor dan bahan pereduksi.³

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Kestabilan AgNPs dalam larutan dan kecenderungannya untuk mengalami agregasi. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan adanya agen penstabil yang mampu berinteraksi secara efektif dengan permukaan nanopartikel. Salah satu senyawa yang memiliki potensi besar sebagai agen penstabil adalah *glutathione*.⁴ *Glutathione* (GSH) merupakan senyawa tripeptida (γ -Glu-Cys-Gly) yang memiliki gugus tiol (-SH) dan berformulasi kimia $C_{10}H_{17}N_3O_6S$. Senyawa ini dapat dengan mudah melekat pada permukaan nanopartikel logam melalui proses adsorpsi. Struktur kimianya tersusun dari ikatan peptida antara gugus karboksilat milik asam glutamat dengan gugus amino pada glisin, serta antara asam sistein dan glisin.⁵

Glutathione memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap permukaan nanopartikel logam, terutama karena gugus tiol pada sistein bebasnya menunjukkan afinitas kuat terhadap ion perak. Gugus -SH dan -COO pada *glutathione* berinteraksi secara lemah dengan permukaan AgNPs yang bermuatan positif, membentuk ikatan yang berkontribusi pada kestabilan koloid. Mekanisme ini menyebabkan nanopartikel perak bermuatan positif dikelilingi oleh lapisan permukaan yang mengandung gugus asetil bermuatan negatif sehingga mencegah terjadinya aglomerasi.⁶ Dengan demikian, *glutathione* dapat digunakan untuk memodifikasi permukaan AgNPs agar lebih stabil dan kompatibel untuk aplikasi medis dan lingkungan.⁷

Sintesis nanopartikel Ag dengan bantuan *glutathione* memberikan pendekatan yang ramah lingkungan dan berpotensi menghasilkan sistem yang lebih aman untuk aplikasi dalam sistem biologis. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada sintesis dan karakterisasi nanopartikel Ag termodifikasi *glutathione* dengan tujuan untuk mengetahui keberhasilan fungsionalisasi dan karakteristik fisikokimia dari nanopartikel yang dihasilkan.⁸

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, labu Erlenmeyer, gelas kimia, pipet tetes, pipet volume, batang pengaduk, spatula, neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, labu takar, bulp, kuvet, spektrofotometer UV-Vis Thermoscientific Orion AquaMate 8100 dan particle size analyzer Beckman Coulter.

2.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu aquademin, padatan $AgNO_3$, *glutathione* (GSH), padatan $NaBH_4$ dan *aluminium foil*.

2.2 Prosedur Penelitian

Sebanyak 0,17 gram padatan $AgNO_3$ ditimbang dan dilarutkan ke dalam 100 mL aquademin untuk menghasilkan larutan $AgNO_3$ dengan konsentrasi 1×10^{-2} M. Selanjutnya, sebanyak 1 mL larutan $AgNO_3$ 1×10^{-2} M diencerkan hingga 100 mL untuk menghasilkan larutan $AgNO_3$ dengan konsentrasi 1×10^{-4} M. Lalu, 0,012 gram $NaBH_4$ ditimbang dan dilarutkan ke dalam 100 mL larutan $AgNO_3$ dengan konsentrasi 1×10^{-4} M. Campuran larutan di-*stirrer* selama 10 menit tanpa pemanasan sehingga menghasilkan larutan berwarna kuning cerah. Kemudian, larutan *glutathione* 1×10^{-3} M ditambahkan sebanyak 2 mL secara perlahan ke dalam campuran koloid perak. Lalu, campuran di-*stirrer* tanpa pemanasan dalam keadaan gelap selama 2 jam. Koloid nanopartikel perak yang terbentuk kemudian diamati dan diukur serapan maksimumnya pada panjang gelombang 200-500 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Terakhir, sampel koloid nanopartikel perak yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan *particle size analyzer* (PSA).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sintesis Nanopartikel Perak Termodifikasi *Glutathione* (GSH)

Proses sintesis nanopartikel perak (AgNPs) dimulai dengan mereaksikan larutan perak nitrat ($AgNO_3$) menggunakan natrium borohidrida ($NaBH_4$) sebagai agen pereduksi. Larutan yang terbentuk kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga terjadi perubahan

warna menjadi kuning yang menjadi indikator terbentuknya nanopartikel melalui reaksi reduksi. Hasil sintesis nanopartikel perak menggunakan reduktor NaBH_4 dapat dilihat pada **Gambar 1**.



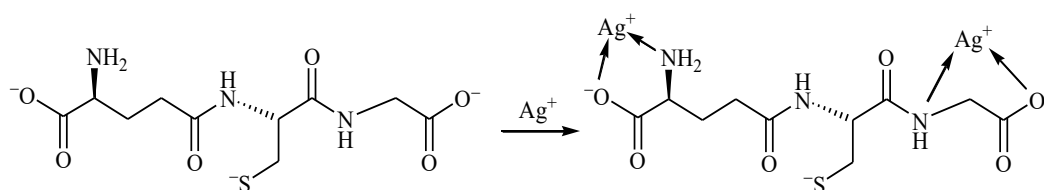
Gambar 1. Koloid AgNPs

Dalam proses ini, larutan AgNO_3 direaksikan dengan padatan natrium borohidrida (NaBH_4) sebagai agen pereduksi. NaBH_4 berperan sebagai reduktor kuat yang mampu mereduksi ion perak (Ag^+) dari AgNO_3 menjadi logam perak elemental (Ag^0) yang kemudian beragregasi membentuk nanopartikel. Reaksi ini berlangsung cepat dan umumnya dilakukan di bawah pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* untuk menghasilkan campuran yang homogen. Selama reaksi, akan terbentuk gas hidrogen (H_2) dan senyawa samping seperti diborana (B_2H_6), yang merupakan hasil dekomposisi borohidrida. Reaksi ini ditandai dengan perubahan warna larutan dari bening menjadi kekuningan yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak dan munculnya fenomena *Localized Surface Plasmon Resonance* (LSPR).⁹ Adapun reaksi reduksi AgNO_3 menjadi nanopartikel Ag (AgNPs) dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Reaksi AgNO_3 dengan NaBH_4

Larutan nanopartikel perak (AgNPs) yang telah terbentuk selanjutnya direaksikan dengan larutan *glutathione*. *Glutathione* berperan sebagai agen pereduksi yang mampu menyumbangkan elektron guna menetralkan radikal bebas dan spesies oksigen reaktif (ROS), sehingga membantu melindungi sel dari kerusakan akibat stres oksidatif. Selain itu, GSH juga memiliki gugus fungsi seperti $-\text{NH}_2$ dan $-\text{COOH}$ yang menunjukkan afinitas tinggi terhadap ion logam.⁵ Proses pengadukan campuran dilakukan tanpa pemanasan dan dalam kondisi gelap untuk mencegah terjadinya oksidasi yang dapat mengganggu proses reduksi serta stabilisasi nanopartikel. Paparan cahaya dapat memicu reaksi fotokimia yang merusak struktur *glutathione*, sehingga menurunkan efisiensi dalam pembentukan nanopartikel. Reaksi pembentukan kompleks Ag dengan *glutathione* dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Reaksi pembentukan kompleks AgNPs-GSH

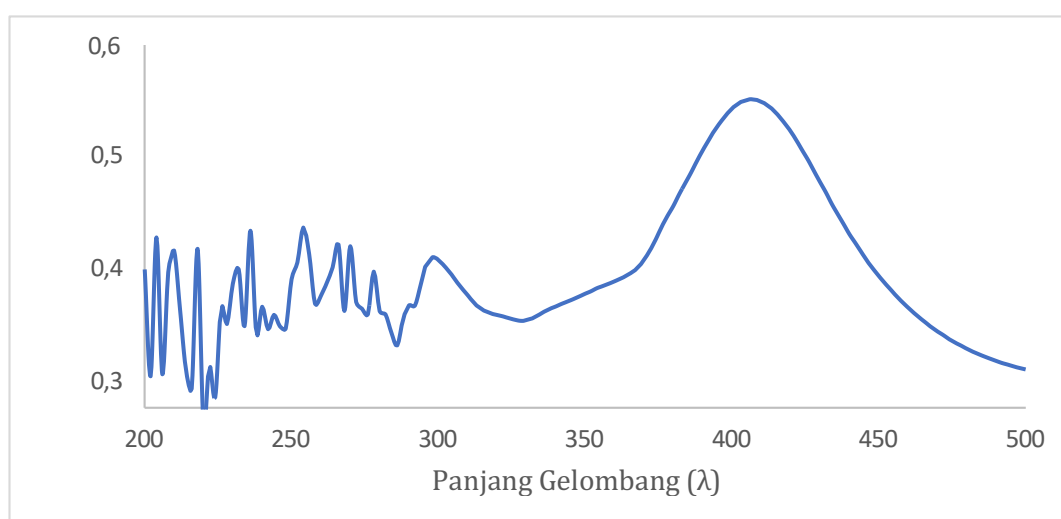
Ion Ag^+ yang mengalami reduksi menjadi atom Ag^0 akan mengalami proses nukleasi, membentuk inti awal nanopartikel. Inti ini kemudian berkembang dengan bergabungnya lebih banyak atom Ag^0 hingga menghasilkan nanopartikel berukuran tertentu. *Glutathione* berperan sebagai agen penstabil dengan menempel pada permukaan nanopartikel melalui gugus tiol (-SH), sehingga mencegah terjadinya agregasi. Selain itu, gugus karboksilat (-COOH) dan amina (-NH₂) pada *glutathione* turut membantu dalam proses stabilisasi melalui interaksi dengan ion Ag^+ atau permukaan nanopartikel yang telah terbentuk.¹⁰ Hasil dari nanopartikel perak yang telah termodifikasi dengan glutathione dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Koloid AgNPs-GSH

3.2 Karakterisasi AgNPs-GSH dengan Spektrofotometer UV-Vis

Koloid nanopartikel perak termodifikasi *glutathione* yang terbentuk kemudian diamati dan diukur serapan maksimumnya pada panjang gelombang 200- 500 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 5**.



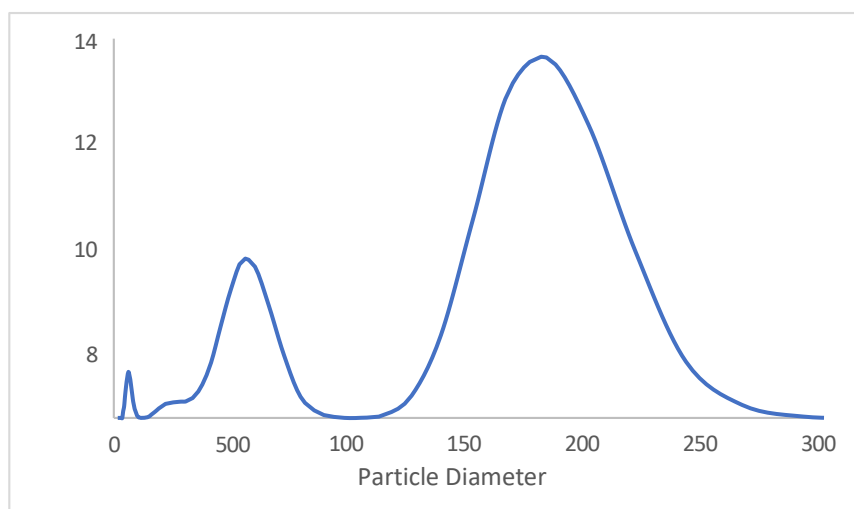
Gambar 5. Grafik spektrum nilai absorbansi maksimum AgNPs-GSH

Berdasarkan pada grafik spektrum nilai absorbansi maksimum AgNPs-GSH yang ditunjukkan pada **Gambar 5**, terjadi absorbansi atau serapan maksimum pada panjang gelombang 408 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,510. Hal ini sesuai dengan teori karena nanopartikel perak memiliki panjang gelombang serapan maksimum dalam rentang 400 hingga 500 nm.²

3.3 Karakterisasi AgNPs-GSH dengan Particle Size Analyzer (PSA)

Nanopartikel perak (AgNPs-GSH) yang telah disintesis menggunakan reduktor NaBH_4 dengan penstabil *glutathione* (GSH) dikarakterisasi menggunakan instrumen *Particle Size*

Analyzer (PSA) untuk mengetahui ukuran serta keseragaman dari nanopartikel yang dianalisa. Hasil analisa menggunakan instrumen PSA dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hasil karakterisasi menggunakan instrumen *Particle Size Analyzer* (PSA) terhadap AgNPs-GSH

Berdasarkan hasil karakterisasi yang dilakukan menggunakan alat PSA pada **Gambar 6**, diperoleh bahwa ukuran rata-rata partikel dari nanopartikel perak berada di angka 1.271 nm. Meskipun demikian, rentang ukuran partikel yang terdeteksi bervariasi antara 40 nm hingga 2.920 nm. Beberapa kisaran ukuran dapat diamati di mana ukuran 40–123 nm dianggap sebagai rentang nanopartikel yang paling ideal. Sementara itu, rentang 134–800 nm dan 1.140–2.900 nm menunjukkan adanya partikel berukuran lebih besar yang kemungkinan disebabkan oleh penambahan agen penstabil berupa polimer sehingga meningkatkan ukuran partikel. Selain itu, bentuk produk yang berupa larutan atau koloid juga memungkinkan terjadinya aglomerasi. Ketidakhomogenan ukuran partikel perak diduga disebabkan oleh proses aglomerasi yang terjadi selama penyimpanan atau karena keterlambatan analisis akibat antrean panjang di laboratorium uji.

4. KESIMPULAN

Sintesis nanopartikel perak termodifikasi *glutathione* (AgNPs-GSH) menggunakan reduktor natrium borohidrida (NaBH_4) telah berhasil dilakukan, yang ditunjukkan melalui perubahan warna larutan menjadi kuning cerah dan serapan maksimum pada panjang gelombang 408 nm akibat fenomena *localized surface plasmon resonance* (LSPR). *Glutathione* terbukti efektif sebagai agen penstabil dengan berikatan melalui gugus fungsional amina ($-\text{NH}_2$) dan karboksilat ($-\text{COOH}$), sehingga meningkatkan stabilitas dan kompatibilitas koloid. Hasil analisis menggunakan *Particle Size Analyzer* menunjukkan ukuran rata-rata nanopartikel sebesar 1.271 nm, meskipun terdapat variasi ukuran yang diindikasikan oleh kemungkinan aglomerasi partikel atau keterlambatan dalam proses analisis. Hasil ini menunjukkan bahwa *glutathione* mampu berperan sebagai agen pelapis dan penstabil yang baik, serta memperkuat potensi AgNPs-GSH untuk dikembangkan lebih lanjut dalam aplikasi nanoteknologi, khususnya di bidang biomedis dan lingkungan. Metode sintesis ini juga menawarkan pendekatan yang efisien dan ekonomis untuk menghasilkan nanopartikel perak yang bersifat biokompatibel dan multifungsi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zahra, U. F. A., Hindryawati, N. & Panggabean, A. S. Synthesis and characterization of plant-mediated silver nanoparticles using *J. At.* **9**, 120–127 (2024).
2. Oktavia, I. N. & Sutoyo, S. Review Artikel: Sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak tumbuhan sebagai bahan antioksidan. *Unesa J. Chem.* **10**, 37–54 (2021).

3. Salasa, D., Aritonang, H. & Kamu, V. S. Sintesis nanopartikel perak (Ag) dengan reduktor natrium borohidrida (NaBH_4) menggunakan matriks nata-de-coco. *Chem. Prog.* **9**, 34–40 (2016).
4. Zhang, X. F., Liu, Z. G., Shen, W. & Gurunathan, S. Silver nanoparticles: Synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. *Int. J. Mol. Sci.* **17**, (2016).
5. Rajamanikandan, R., Shanmugaraj, K. & Ilanchelian, M. Concentration Dependent catalytic activity of glutathione coated silver nanoparticles for the reduction of 4-nitrophenol and organic dyes. *J. Clust. Sci.* **28**, 1009–1023 (2017).
6. Nyamu, S. N., Ombaka, L., Masika, E. & Ng'ang'a, M. One-pot microwave-assisted synthesis of size-dependent l -glutathione-capped spherical silver nanoparticles suitable for materials with antibacterial properties . *J. Interdiscip. Nanomedicine* **4**, 86–94 (2019).
7. Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L. & Ikram, S. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. *J. Adv. Res.* **7**, 17–28 (2016).
8. Zorraquín-Peña, I., Cueva, C., de Llano, D. G., Bartolomé, B. & Moreno-Arribas, M. V. Glutathione-stabilized silver nanoparticles: Antibacterial activity against periodontal bacteria, and cytotoxicity and inflammatory response in oral cells. *Biomedicines* **8**, (2020).
9. Rashid, M. U., Bhuiyan, M. K. H. & Quayum, M. E. Synthesis of silver nano particles (Ag-NPs) and their uses for quantitative analysis of vitamin C tablets. *Dhaka Univ. J. Pharm. Sci.* **12**, 29–33 (2013).
10. Kravchenko, S., Boltovets, P. & Snopok, B. Chemical transformation of typical biological recognition elements in reactions with nanosized targets: a study of glutathione coated silver nanoparticles †. *Eng. Proc.* **35**, (2023).