

STUDI POTENSI SENSOR KOLORIMETRI CEMARAN LOGAM PADA PERAIRAN GAMBUT MENGGUNAKAN NANOPARTIKEL PERAK

Eka Jhonatan Krissilvio^{1*}, Rokiy Alfanaar²

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya

*Penulis korespondensi: ekjhntnk@gmail.com

ABSTRAK

Perairan gambut, yang dikenal dengan karakteristik keasaman tinggi dan kandungan bahan organik yang melimpah, sering kali rentan terhadap pencemaran logam berat. Keberadaan logam berat Zn(II), Fe(II), dan Hg(II) dalam perairan gambut dapat menyebabkan dampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan metode deteksi yang efektif dan sensitif untuk memonitor keberadaan logam berat dalam perairan gambut. Nanopartikel perak (AgNPs) memiliki potensi besar sebagai sensor kolorimetri untuk mendeteksi keberadaan logam berat karena sifat plasmonik mereka yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi nanopartikel perak sebagai sensor kolorimetri untuk mendeteksi cemaran logam dalam perairan gambut. Nanopartikel perak disintesis menggunakan natrium sitrat sebagai capping agent dan natrium borohidrida (NaBH₄) sebagai agen pereduksi. Hasil sintesis nanopartikel perak kemudian diuji dengan menambahkan 100 ppm logam Cu(II), Zn(II), Fe(II), dan Hg(II) yang terlarut dalam air gambut. Karakterisasi nanopartikel perak dan interaksinya dengan logam berat dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis menunjukkan adanya penurunan intensitas absorbansi pada logam Fe(II) dan Hg(II) yang ditambahkan pada nanopartikel perak, yang mengindikasikan bahwa nanopartikel perak dapat digunakan sebagai sensor kolorimetri yang efektif untuk mendeteksi logam berat dalam perairan gambut.

Kata kunci: Nanopartikel perak, Sensor kolorimetri, Logam berat, Perairan gambut

1 PENDAHULUAN

Perairan gambut, dengan karakteristik keasaman tinggi dan kandungan bahan organik yang melimpah, sering kali menjadi ekosistem yang sangat rentan terhadap pencemaran logam berat. Logam berat seperti Zn(II), Fe(II), dan Hg(II) yang terakumulasi dalam perairan gambut dapat memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Keberadaan logam berat ini tidak hanya mengganggu keseimbangan ekosistem perairan tetapi juga berpotensi untuk bioakumulasi dalam rantai makanan, yang akhirnya dapat membahayakan kesehatan manusia (Fu & Xi, 2020; Hama Aziz et al., 2023a; Rehman et al., 2018).

Pemantauan dan deteksi yang efektif terhadap logam berat dalam perairan gambut sangat penting untuk mengelola risiko yang ditimbulkan oleh polutan ini. Metode deteksi tradisional sering kali kurang sensitif atau memerlukan peralatan yang mahal dan rumit, sehingga pengembangan metode deteksi yang sederhana, cepat, dan sensitif menjadi prioritas utama (Rodiana et al., 2013; Tati et al., 2023). Nanopartikel perak yang disintesis dengan natrium sitrat dan NaBH₄ menawarkan solusi yang menarik sebagai sensor kolorimetri, karena mereka dapat menunjukkan perubahan visual yang jelas saat berinteraksi dengan logam berat, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian terbaru (La Spina et al., 2020). Pendekatan ini tidak hanya memfasilitasi deteksi yang lebih efisien namun juga memberikan kontribusi signifikan dalam upaya melindungi ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat. Nanopartikel perak (AgNPs)

telah menunjukkan potensi besar sebagai sensor kolorimetri untuk deteksi logam berat. Sifat plasmonik dari AgNPs memungkinkan mereka merespons perubahan lingkungan dengan signifikan, sehingga sangat cocok untuk aplikasi sensor (Hama Aziz et al., 2023b; Proposito et al., 2020). Resonansi plasmon permukaan memicu perubahan warna pada nanopartikel saat berinteraksi dengan logam berat, yang memudahkan deteksi visual (Rahmidar et al., 2020; Sukharenko et al., 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi nanopartikel perak yang disintesis dengan menggunakan natrium sitrat sebagai agen capping dan natrium borohidrida (NaBH_4) sebagai agen reduksi, sebagai sensor kolorimetri untuk mendeteksi keberadaan logam berat dalam perairan gambut. Penggunaan kombinasi natrium sitrat dan NaBH_4 dalam sintesis AgNPs telah terbukti memberikan stabilitas dan kontrol yang baik terhadap ukuran partikel (La Spina et al., 2020). Studi ini menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk karakterisasi nanopartikel perak dan analisis interaksinya dengan logam berat, seperti yang dilakukan oleh Rustiah et al. (2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan logam Fe(II) dan Hg(II) ke dalam larutan nanopartikel perak mengakibatkan penurunan signifikan dalam intensitas absorbansi. Hal ini mengindikasikan potensi penggunaan nanopartikel perak sebagai sensor kolorimetri yang efektif untuk mendeteksi logam berat dalam air gambut. Penelitian ini tidak hanya memperluas aplikasi AgNPs di bidang lingkungan, tetapi juga menyediakan solusi yang lebih efisien untuk pemantauan kualitas air, terutama di ekosistem gambut yang rentan terhadap pencemaran logam berat. Implementasi sensor AgNPs ini dapat dianggap sebagai langkah maju dalam teknologi deteksi logam berat, yang dapat memberikan alat yang lebih efektif dalam melindungi ekosistem dan kesehatan manusia.

2 METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas beaker, labu ukur, batang pengaduk, kaca arloji, corong gelas, spatula, kertas saring, mikropipet 3000 μL , neraca digital, *magnetic stirrer*, sonikator, spektrofotometri UV-VIS (SAFAS-UVmc1).

Bahan-bahan yang digunakan yaitu air gambut, merkuri (Hg), besi (Fe), Zink (Zn) perak nitrat (AgNO_3), natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), natrium borohidrida (NaBH_4), etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), air suling, dan es batu.

2.2 Sintesis Nanopartikel Perak (AgNPs) dengan Natrium Sitrat sebagai Agen Capping Tereduksi NaBH_4

Langkah pertama, persiapan larutan perak nitrat (AgNO_3) dengan konsentrasi 1 mM dilakukan dengan cara menimbang 0,017 gram AgNO_3 dan melarutkannya dalam aquades hingga mencapai volume akhir 100 mL menggunakan labu ukur. Setelah itu, larutan natrium borohidrida (NaBH_4) dengan konsentrasi 0,4 M dibuat dengan melarutkan 0,02 gram NaBH_4 dalam 100 mL aquades.

Larutan AgNO_3 1 mM tersebut kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker yang ditempatkan di atas *magnetic stirrer* dan diaduk selama beberapa menit. Selanjutnya, tambahkan 1 mL larutan natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$). Kemudian, tambahkan 0,2 mL larutan NaBH_4 0,4 M dan lanjutkan pengadukan selama 15 menit. Larutan ini diaduk hingga homogen menggunakan *magnetic stirrer* dan kemudian dipindahkan ke dalam botol sampel yang berwarna gelap.

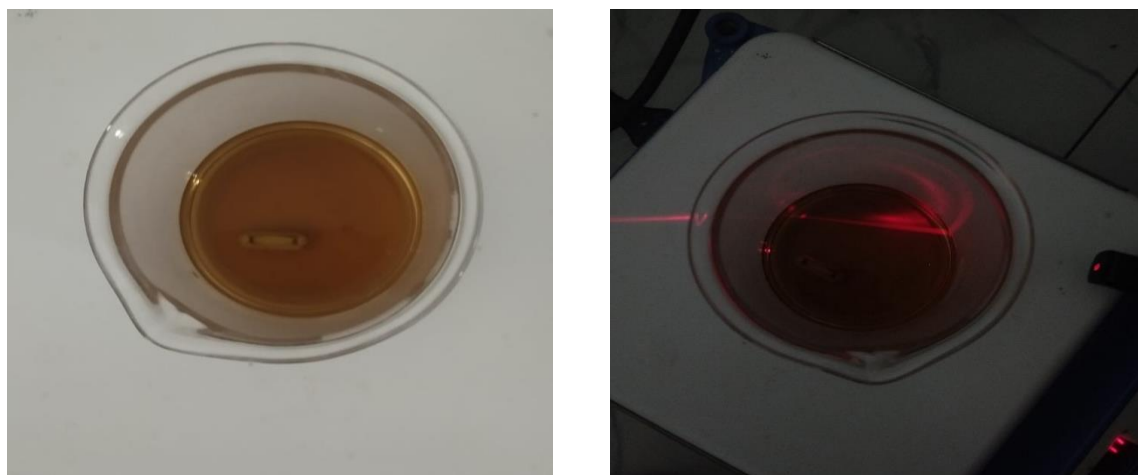
2.3 Karakterisasi AgNPs-Na Sitrat Pada Logam Berat Terlarut Pada Air Gambut Menggunakan Spektrofotometri UV-VIS

Karakterisasi nanopartikel perak (AgNPs) yang disintesis menggunakan natrium sitrat sebagai agen capping dilakukan untuk mendeteksi keberadaan logam berat terlarut dalam air gambut dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk melihat panjang gelombang maksimum pada rentang 300-800 nm. Prosedur selanjutnya dengan melarutkan 0,001 gram masing-masing logam berat Zn(II), Fe(II), dan Hg(II) dalam labu takar 100 ml yang berisi air gambut, sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm.

Dalam analisis, blanko yang digunakan adalah air suling sebanyak 2 ml dan 0,5 ml air gambut. Untuk setiap sampel logam berat terlarut, sebanyak 0,5 ml larutan logam dipipet dan dicampurkan dengan 2 ml larutan nanopartikel perak. Campuran ini kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 300-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan perubahan intensitas absorbansi yang menunjukkan interaksi antara nanopartikel perak dan logam berat dalam air gambut. Hasil absorbansi yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi sensitivitas dan efektivitas AgNPs sebagai sensor kolorimetri dalam mendeteksi logam berat.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Nanopartikel perak diperoleh dengan mengkombinasikan agen capping natrium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) dan tereduksi oleh natrium borohidrat (NaBH_4). Indikator keberhasilan dari terbentuknya nanopartikel perak ini ditandai dengan warna coklat dan terbentuk koloid dari senyawa ini yang memberikan efek tyndall (Rustiah et al., 2022).

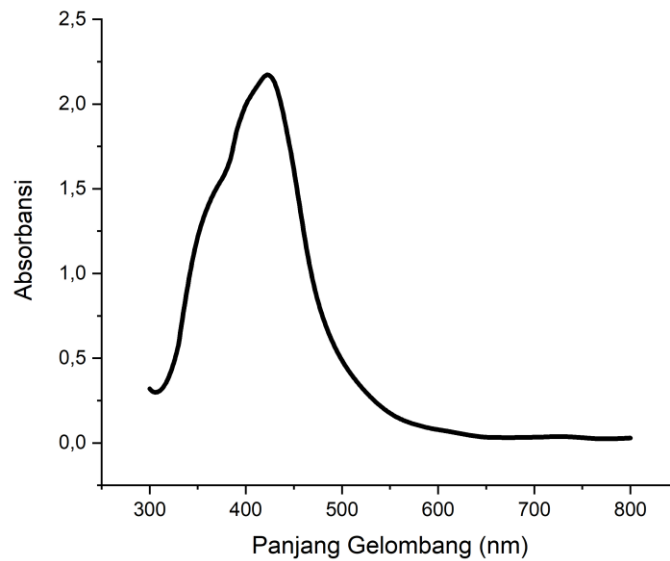


Gambar 1. Nanopartikel perak terkombinasi natrium sitrat (AgNPs-Na Sitrat)

Kemampuan natrium sitrat sebagai agen pereduksi dalam mereduksi ion perak (Ag^+) menjadi Ag^0 sesuai dengan persamaan reaksi dapat dijelaskan sebagai berikut (Rustiah et al., 2022):



Terbentuknya nanopartikel perak ini juga didukung dengan karakterisasi pada spektrofotometri yang terdeteksi pada panjang gelombang 410nm.



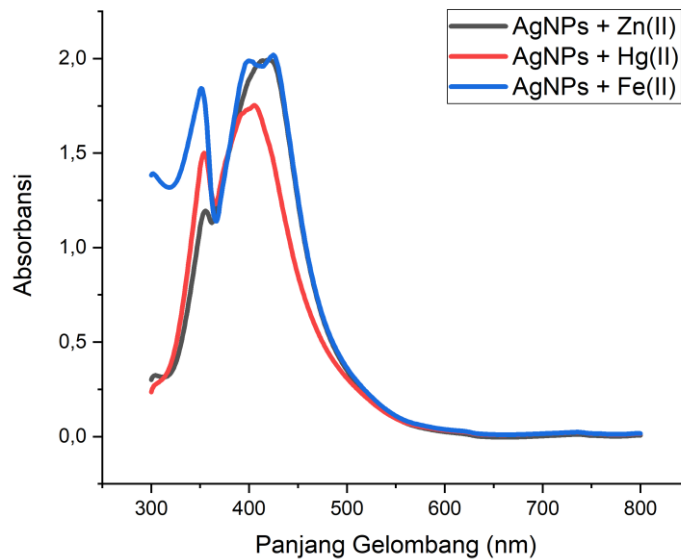
Grafik 2. Panjang Gelombang Maksimum AgNPs

Pada deteksi logam berat, terdapat penurunan intensitas absorbansi yang signifikan akibat interaksi nanopartikel dengan masing-masing logam berat Zn(II), Fe(II), dan Hg(II). Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh yang berbeda-beda terhadap respons nanopartikel perak terhadap masing-masing logam berat tersebut.

Tabel 1. Absorbansi AgNPs + Logam Berat

Sampel	Puncak Panjang Gelombang	Absorbansi
AgNPs + Zn (II)	351	1.8432
	400	1.9875
	425	2.0195
AgNPs + Fe(II)	356	1.1929
	421	1.9958
AgNPs + Hg(II)	354	1.5010
	406	1.7522

Berdasarkan data yang diberikan, interaksi nanopartikel perak (AgNPs) dengan logam berat Zn (II), Fe(II), dan Hg(II) menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam puncak panjang gelombang dan nilai absorbansi. AgNPs yang berinteraksi dengan Zn(II) menghasilkan tiga puncak panjang gelombang pada 351 nm, 400 nm, dan 425 nm, dengan nilai absorbansi tertinggi 2.0195 pada 425 nm. Ini menunjukkan variasi yang lebih besar dalam bentuk atau ukuran agregasi nanopartikel perak. Sebaliknya, interaksi dengan Fe (II) menghasilkan dua puncak panjang gelombang pada 356 nm dan 421 nm, dengan absorbansi tertinggi 1.9958 pada 421 nm, yang cukup dekat dengan panjang gelombang karakterisasi awal AgNPs pada 410 nm. Interaksi dengan Hg (II) juga menghasilkan dua puncak pada 354 nm dan 406 nm, dengan absorbansi tertinggi 1.7522 pada 406 nm, yang hampir mendekati panjang gelombang karakterisasi awal. Meskipun Zn (II) menunjukkan nilai absorbansi yang lebih tinggi, panjang gelombangnya lebih jauh dari nilai karakterisasi awal, menunjukkan perubahan yang lebih besar pada osilasi plasmon permukaan AgNPs. Sebaliknya, meskipun absorbansi Fe (II) dan Hg (II) sedikit lebih rendah, puncak panjang gelombangnya lebih mendekati 410 nm, menunjukkan interaksi yang lebih stabil dan kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan sifat optik asli AgNPs.



Grafik 3. Perbandingan Absorbansi Nanopartikel Perak dan Logam Berat

Grafik 3 menunjukkan perbandingan absorbansi nanopartikel perak sebelum dan sesudah penambahan logam berat. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa Fe (II) dan Hg (II) memberikan dampak paling signifikan terhadap intensitas absorbansi, yang mengalami penurunan drastis setelah penambahan logam tersebut. Zn (II) juga menunjukkan penurunan, namun tidak sebesar Fe (II) dan Hg (II). Penurunan intensitas absorbansi saat AgNPs berinteraksi dengan Fe (II) dan Hg (II) dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, ion logam berat dapat berinteraksi langsung dengan permukaan AgNPs, mengubah distribusi elektron pada permukaan nanopartikel yang mengganggu resonansi plasmon permukaan nanopartikel. Kedua, ion logam berat mungkin menyebabkan agregasi AgNPs, mengubah karakteristik optik nanopartikel tersebut. Agregasi ini dapat menggeser atau menurunkan puncak absorbansi karena perubahan dalam ukuran dan bentuk partikel (Rustiah et al., 2022). Penurunan ini memberikan data awal yang dapat dikembangkan sebagai dasar untuk pengembangan sensor logam Hg (II) dan Fe (II).

4 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak memiliki potensi yang signifikan sebagai sensor kolorimetri untuk mendeteksi ion logam berat, khususnya Hg(ii) dan Fe(ii), dalam lingkungan air gambut. Dengan menggunakan natrium sitrat sebagai agen capping dan natrium borohidrida sebagai agen reduksi, nanopartikel perak dapat dihasilkan dengan stabil dan dapat dikontrol ukurannya. Sifat plasmonik dari nanopartikel perak memungkinkan mereka merespons secara visual terhadap keberadaan ion logam berat tersebut, yang termanifestasi dalam perubahan warna yang dapat dideteksi dengan spektrofotometer UV-Vis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya dan Biomedical Research Group (BIRU) yang telah membantu dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Fu, Z., & Xi, S. (2020). The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 30(3), 167–176. <https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594>
- Hama Aziz, K. H., Mustafa, F. S., Omer, K. M., Hama, S., Hamarawf, R. F., & Rahman, K. O. (2023a). Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. In *RSC Advances* (Vol. 13, Issue 26, pp. 17595–17610). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d3ra00723e>
- Hama Aziz, K. H., Mustafa, F. S., Omer, K. M., Hama, S., Hamarawf, R. F., & Rahman, K. O. (2023b). Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. In *RSC Advances* (Vol. 13, Issue 26, pp. 17595–17610). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d3ra00723e>
- La Spina, R., Mehn, D., Fumagalli, F., Rossi, F., Gilliland, D., Holland, M., & Reniero, F. (2020). Synthesis of citrate-stabilized silver nanoparticles modified by thermal and ph preconditioned tannic acid. *Nanomaterials*, 10(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nano10102031>
- Prospósito, P., Burratti, L., & Venditti, I. (2020). Silver nanoparticles as colorimetric sensors for water pollutants. In *Chemosensors* (Vol. 8, Issue 2). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/CHEMOSENSORS8020026>
- Rahmidar, L., Al Fatih, H., & Sulastri, A. (2020). Pemanfaatan Nanopartikel Logam Mulia untuk Mengukur Kadar Logam Berat dalam Berbagai Sampel Cair. *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(3), 70–74. <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.3.70-74>
- Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., & Akash, M. S. H. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of Cellular Biochemistry*, 119(1), 157–184. <https://doi.org/10.1002/jcb.26234>
- Rodiana, yayah, Masitoh, S., Maulana, H., & Nurhasni, N. (2013). Pengkajian Metode Untuk Analisis Total Logam Berat Dalam Sedimen Menggunakan Microwave Digestion. *Jurnal Ecolab*, 7(2), 71–80. <https://doi.org/10.20886/jklh.2013.7.2.71-80>
- Rustiah, W., Kristianingrum, S., Fillaeli, A., & Nur Hidayati, F. P. (2022). Pengembangan Teknik Deteksi Ion Logam Fe(Iii) Menggunakan Nanopartikel Perak Yang Distabilkan Kitosan-Formaldehida Sebagai Sensor Pada Spektrofotometer Uv-Vis Development Of Fe(Iii) Metal Ion Detection Technique Using Chitosan-Formaldehyde Stabilized Silver Nanoparticles As Sensor In Uv-Vis Spectrophotometer. In *J. Sains Dasar* (Vol. 2022, Issue 1).
- Sukharenko, V., Suslov, A., & Dorsinville, R. (2016). *Plasmonic resonances of silver nanoparticles* (S. Cabrini, G. Léron del, A. M. Schwartzberg, & T. Mokari, Eds.; p. 991912). <https://doi.org/10.1117/12.2231174>
- Tati, A. F., Muhamad Kholilu Navis, Novita Sary, & Firdha Senja Maelaningsih. (2023). Analisis Kadar Logam Berat Pada Sediaan Bedak Menggunakan Spektrometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Kesehatan Dan Kedokteran*, 2(3), 11–16. <https://doi.org/10.56127/jukeke.v2i3.1111>