MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i4.6847

PENGARUH *SUPPORTING ELECTROLYTE* UNTUK DETEKSI ION LOGAM Cd(II) DAN Zn(II) MENGGUNAKAN PLE TERMODIFIKASI LAPISAN TIPIS PERAK DENGAN METODE *VOLTAMETRI*

Effect of Supporting Electrolyte on the Detection of Cd(II) and Zn(II) Metal Ions Using PLE Modified with Silver Thin Film by Voltammetry Method

Fatimah As Sarah & Trisna Kumala Sari
Universitas Negeri Padang
Trisna.kumala.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 15, 2025	Jul 8, 2025	Jul 20, 2025	Jul 25, 2025

Abstract

Cd(II) and Zn(II) metal ions are toxic environmental contaminants that pose potential risks to human health, necessitating accurate and efficient detection methods. This study aims to optimize the supporting electrolyte conditions for the simultaneous electrochemical detection of Cd(II) and Zn(II) ions using a Pencil Lead Electrode (PLE) modified with a thin silver layer (Ag/PLE). Cyclic voltammetry was employed to evaluate the effectiveness of electrode modification and the influence of electrolyte variation on the detection sensitivity of both metal ions. Experimental results indicate that 0.1 M acetate buffer is the optimal supporting electrolyte, yielding an anodic potential (Epa) of –0.37 V and a peak current of 1.48 mA, as well as a cathodic potential (Epc) of –0.9140 V for Cd(II). For Zn(II), the Epa was observed at –0.79 V with a current of 0.54 mA and Epc at –0.6790 V. The difference in detection sensitivity between the two metal ions is attributed to variations in analyte diffusion

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

rates at the electrode surface. These findings demonstrate that the Ag/PLE-based electrochemical approach offers a simple, sensitive, and cost-effective method for the simultaneous detection of heavy metal ions, contributing significantly to rapid and practical environmental monitoring systems.

Keywords: Cd(II) Ion; Zn(II) Ion; Pencil Electrode; Silver Modification; Cyclic Voltammetry

Abstrak: Ion logam *Cd(II)* dan *Zn(II)* merupakan kontaminan lingkungan yang bersifat toksik dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia, sehingga diperlukan metode deteksi yang akurat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kondisi elektrolit pendukung dalam pendeteksian elektrokimia ion *Cd(II)* dan *Zn(II)* secara simultan menggunakan *Pencil Lead Electrode* (PLE) yang dimodifikasi dengan lapisan tipis perak (*Ag/PLE*). Metode *voltametri siklik* digunakan untuk mengkaji efektivitas modifikasi elektroda dan pengaruh variasi elektrolit terhadap sensitivitas deteksi kedua ion logam. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa larutan *Buffer Asetat* 0,1 M merupakan elektrolit pendukung optimum, dengan potensi anodik (*Epa*) -0,37 V dan arus puncak 1,48 mA serta potensi katodik (*Epc*) -0,9140 V untuk ion *Cd(II)*, sedangkan ion *Zn(II)* menunjukkan *Epa* pada -0,79 V dengan arus sebesar 0,54 mA dan *Epc* -0,6790 V. Perbedaan sensitivitas antara kedua ion logam ini berkaitan dengan variasi laju difusi analit di permukaan elektroda. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan elektrokimia berbasis *Ag/PLE* menawarkan metode yang sederhana, sensitif, dan ekonomis untuk deteksi simultan ion logam berat, serta memberikan kontribusi penting dalam sistem monitoring lingkungan yang cepat dan aplikatif.

Kata Kunci: Ion Cd(II); Ion Zn(II); Elektroda Pensil; Modifikasi Perak; Voltametri Siklik

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat merupakan masalah serius pada lingkungan dan kesehatan. Salah satunya adalah kontaminasi oleh ion logam Cd(II) dan Zn(II), yang banyak ditemukan pada limbah industri seperti pelapisan logam, pembuatan baterai, pupuk, dan tekstil. Ion Cd(II) dikenal sangat toksik dan bersifat non-esensial, serta dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal, kerusakan tulang, dan bersifat karsinogenik jika terakumulasi dalam tubuh manusia (Pirozmand et al., 2020). Meskipun Zn(II) merupakan unsur esensial, dalam kadar berlebih dapat menyebabkan mual, kejang otot, hingga kerusakan sistem saraf (Rosyidah & Rachmadiarti, 2023). Kedua ion logam ini juga dapat mengganggu biota air dan rantai makanan, sehingga deteksinya di lingkungan sangat penting dilakukan secara cepat dan akurat. Berdasarkan Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, batas maksimum Cd(ll) dalam air bersih adalah 0,003 mg/L, sedangkan untuk Zn(ll) adalah 3,0 mg/L.

Berbagai teknik instrumental seperti *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS), dan spektroskopi UV-Vis telah digunakan untuk mendeteksi logam berat dalam air, namun metode tersebut cenderung mahal, memerlukan instrumen kompleks, serta kurang efisien untuk pemantauan rutin (Cheng et al., 2020). Sebagai alternatif, metode elektrokimia(Sari et al., 2018), khususnya *cyclic voltammetry* (CV), telah berkembang sebagai teknik yang efisien, sensitif, cepat, serta lebih ekonomis dalam mendeteksi logam berat(Jjagwe et al., 2024).

Pencil Lead Electrode (PLE) merupakan elektroda berbasis karbon yang digunakan dalam penelitian ini (Annu et al., 2020). PLE memiliki kelebihan yaitu konduktivitas listrik yang tinggi, sederhana, mudah didapatkan, harganya yang murah (David et al., 2017), serta rentang potensial yang luas. Untuk meningkatkan sensitivitas PLE, maka PLE perlu dimodifikasi(Sari et al., 2018). Logam perak dapat digunakan untuk modifikasi elektroda(Ivanišević, 2023). Lapisan tipis perak yang digunakan untuk modifikasi elektroda memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat meningkatkan transpor elektron, respon elektrokatalik(Afifah & Sari, 2024), konduktivitas yang tinggi(Riandi et al., 2025) dan meningkatkan ketahanan terhadap pengotoran pada permukaan elektroda (Isecke et al., 2023). Selain elektroda, faktor lain yang berperan penting dalam sistem voltametri adalah jenis supporting electrolyte. Supporting electrolyte bertugas menjaga kestabilan potensial, memfasilitasi transfer muatan, serta mempengaruhi bentuk dan intensitas puncak voltammogram yang dihasilkan. Variasi jenis larutan pendukung seperti buffer asetat, larutan HCl, HNO_3, HCl dapat memberikan pengaruh berbeda terhadap reaksi redoks ion logam (Elgrishi et al., 2018). Pemilihan supporting electrolyte yang tepat sangat penting untuk memperoleh sensitivitas dan selektivitas optimum dalam sistem analisis elektrokimia.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dalam mendeteksi ion logam Cd(II) dan Zn(II) menggunakan Ag/PLE. PLE dimodifikasi dengan cara elektrodeposisi. Setelah itu, pengaruh *supporting electrolyte* dipelajari dengan teknik voltametri siklik.

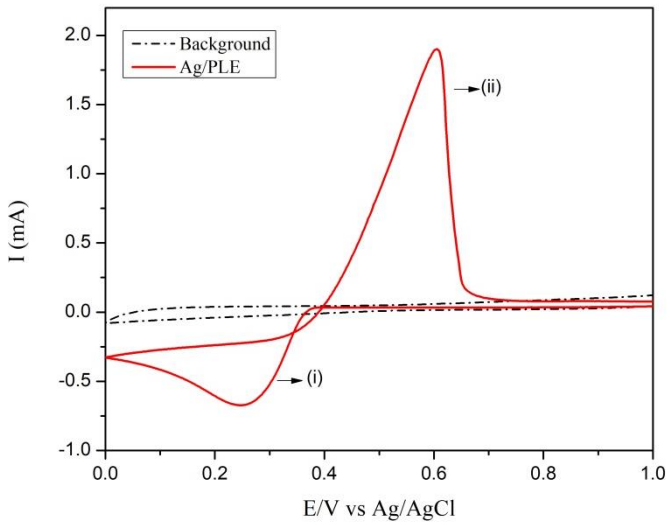
METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai Juni 2025 di laboratorium penelitian Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas kimia, pipet mikro,

botol vial, potensiostat e-DAQ model EA163, elektroda kerja menggunakan Pencil Lead Electrode (PLE) termodifikasi lapisan tipis perak (Ag/PLE), elektroda pembanding Ag/AgCl, elektroda pembantu Pt, $Cd(NO_3)_2$,$Zn(NO_3)_2$, $AgNO_3$, KNO_3,Buffer Asetat, cHNO_3, $HClO_4$, HCl, , kertas saring, dan akuades. Awalnya Pencil Lead Electrode (PLE) dilapisi menggunakan lapisan tipis perak dengan metode elektrodeposisi dengan larutan 5 mM $AgNO_3$ didalam 0,1 M KNO_3 kemudian scan potensial diatur dari +1,0 V hingga 0 V dengan scan rate 100 mV/s sebanyak satu *cycle* elektrodeposisi. Elektroda ini kemudian direpresentasikan sebagai PLE termodifikasi lapisan tipis perak (Ag/PLE) (Afifah & Sari, 2024). Proses selanjutnya yaitu variasi supporting electrolyte terhadap larutan Cd(ll) dan Zn (ll) 2 mM dengan variasi supporting electrolyte Buffer Asetat, HNO_3, $HClO_4$, HCl 0,1 M. Pengukuran dilakukan dengan metode voltametri siklik dengan scan potensial +0,2 V hingga -2 V, scan rate 100 mV/s.

HASIL

Modifikasi PLE menggunakan lapisan tipis perak (Ag/PLE) dengan teknik elektrodeposisi menggunakan metode siklik voltametri. Voltammogram elektrodeposisi dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Voltammogram siklik elektrodeposisi modifikasi PLE dalam 5 Mm $AgNO_3$ dan 0,1 M KNO_3 dengan *scan rate* 100 mV/s**.**

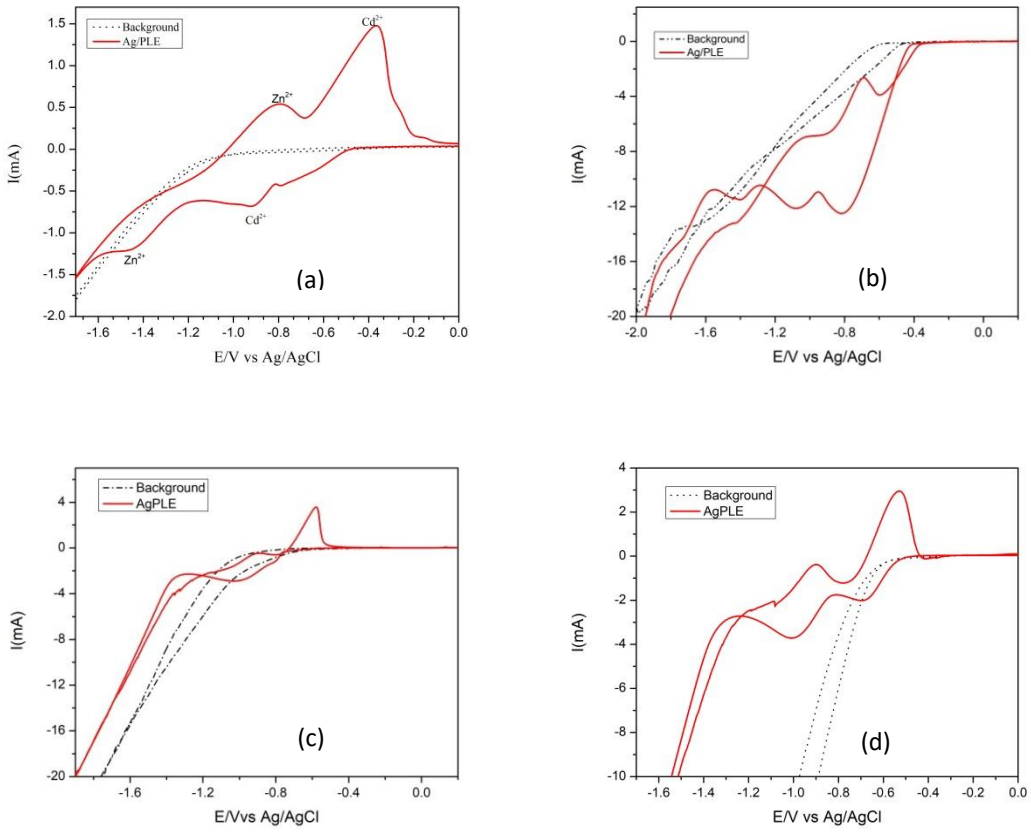
Berdasarkan pada voltammogram gambar 1 dapat dilihat bahwa adanya (i) puncak reduksi dan (ii) oksidasi dari Ag/PLE. Puncak oksidasi dan reduksi yang muncul pada

voltammogram merupakan keberhasilan dari teknik elektrodeposisi (Afifah & Sari, 2024). Potensial reduksi dan oksidasi muncul pada +0,2298 V dan +0,5253 V. Penelitian sebelumnya juga telah melaporkan bahwa potensial reduksi perak didapatkan pada potensial +0,27 V dan oksidasi didapatkan pada +0,58 V (Afifah & Sari, 2024).

Table 1. potensial dan arus yang terukur dalam proses elektrodeposisi

	E(V)	**I(mA)**
Reduksi	+0,2485	- 0,6686
Oksidasi	+0,6020	+1,9086

Pada penelitian ini pengaruh dari variasi *supporting electrolyte* diteliti dengan menggunakan (Buffer Asetat, HNO_3,HCL dan $HCLO_4$)O,1 Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa larutan Buffer Asetat memberikan nilai arus oksidasi dan reduksi yang tinggi dalam deteksi ion logam Cd^{2+} dan Zn^{2+}. Hal ini menandakan bahwa larutan Buffer Asetat 0,1M merupakan supporting electrolyte yang optimum untuk mendeteksi ion logam Cd^{2+} dan Zn^{2+}.voltammogram pengaruh supporting electrolyte dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Voltammogram siklik pada Ag/PLE dalam variasi *supporting electrolyte* a)Buffer Asetat 0,1M b)HNO_3 0,1M c) HCL d) $HClO_4$ dengan *scan rate* 100 mV/s.

PEMBAHASAN

Modifikasi PLE menggunakan lapisan tipis perak secara elektrodeposisi

Berdasarkan voltammogram gambar 1, menunjukkan elektrodeposisi dari elektroda Ag/PLE menghasilkan puncak potensial reduksi +0,2485 V dan puncak potensial oksidasi +0,6020 V. Pada metode elektrodeposisi, ketika potensial diterapkan maka lapisan pengubah berupa logam dapat diendapkan pada permukaan elektroda (Jjagwe et al., 2024). Keunggulan modifikasi dengan metode elektrodeposisi ini yaitu biaya yang murah(Sobha Jayakrishnan, 2012), prosesnya yang mudah(Pinate et al., 2021) serta kemurnian partikel yang tinggi (Safavi et al., 2009). Sedangkan, modifikasi permukaan PLE dengan lapisan tipis perak dapat meningkatkan sensitivitas permukaan elektroda(Phal et al., 2021), meningkatkan transpor elektron, dan respon elektrokatalik (Afifah & Sari, 2024). Reaksi reduksi dan oksidasi yang muncul pada permukaan elektroda yaitu:

i. Reduksi : $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$

ii. Oksidasi : $Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e$

Pengaruh PLE menggunakan lapisan tipis perak secara elektrodeposisi

Larutan *supporting electrolyte* sangat berpengaruh dalam penentuan ion logam Cd(ll) dan Zn(ll) secara simultan. Supporting electrolyte adalah zat terlarut yang mempunyai mobilitas ionik sehingga memungkinkan adanya migrasi elektron karena medan listrik yang dihasilkan oleh perbedaan potensial(Arce-Castro et al., 2022). Apabila tidak ada elektrolit yang tersedia maka larutan akan resisten terhadap transfer muatan (Elgrishi et al., 2018). Pada larutan larutan asam, HCL,HNO_3 dan $HClO_4$. Ion hidrogen hidrogen (H+) memiliki konsentrasi tinggi, dan proses evolusi hidrogen bisa menjadi kompetitif dengan reaksi reduksi logam Cd(ll) dan Zn(ll). Hal ini dapat menyebabkan kemungkinan bahwa arus reduksi Cd(ll) dan Zn(ll) menurun karena reaksi evolusi hidrogen bersaing dengan reaksi reduksi Cd(ll) dan Zn(ll). Hal ini disebabkan oleh ion H+ yang tersedia akan lebih cenderung tereduksi menjadi H dibandingkan dengan ion Cd(ll) dan Zn(ll) menjadi Cd dan Zn (Allen Jet al., 2002).

Berdasarkan voltammogram pada gambar 2, *supporting electrolyte* terbaik untuk deteksi ion logam Cd(ll) dan Zn(ll) adalah larutan buffer asetat. Menghasilkan puncak oksidasi (Epa) -0,37 V dengan kuat arus yang terukur 1,48 mA puncak reduksi (Epc) yaitu -0,9140V untuk ion logam Cd(ll). Sedangkan pada ion Zn(ll) nilai Epa pada -0,79V dangan I sebesar 0,54V dan nilai Epc -0,6790V. Hal ini disebabkan oleh Larutan buffer asetat dapat mengurangi efek ion (seperti OH- dan H+) serta dapat mencegah pembentukan endapan yang dapat mempengaruhi reaksi redoks Cd(ll) dan Zn(ll) (Skoog et al., 2013). Namun, buffer asetat memiliki konduktivitas listrik yang baik yang untuk mendukung arus selama reaksi redoks berlangsung(Scholz et al, 2003). Selain itu, ion logam Cd(ll) dan Zn(ll) merupakan logam dengan potensial negatif yang sangat rentan terhadap korosi, buffer asetat dapat mengurangi kecepatan korosi pada logam tersebut (Fadiah & Sari, 2024).

KESIMPULAN

PLE dimodifikasi menggunakan lapisan tipis perak melalui proses elektrodeposisi. Modifikasi ini berfungsi untuk meningkatkan transfer elektron, memperkuat respons elektrokatalitik, serta meningkatkan ketahanan elektroda terhadap pengotor pada

permukaannya. Selanjutnya, jenis supporting electrolyte yang paling optimal untuk mendeteksi ion logam Cd(ll) dan Zn(ll) ditentukan menggunakan metode voltametri siklik. Berdasarkan hasil pengujian, buffer asetat 0,1 M dipilih sebagai supporting electrolyte yang optimum karena mampu mendeteksi logam Cd(ll) dan Zn(ll) yang lebih tinggi dibandingkan elektrolit lainnya. Perbedaan sensitivitas sinyal logam Cd(ll) dan Zn(ll) terhadap buffer asetat disebabkan oleh variasi laju difusi masing-masing ion menuju permukaan elektroda, yang turut mempengaruhi respon arus yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah, R., & Sari, T. K. (2024). Pengaruh Supporting Electrolyte Terhadap Deteksi Ion Logam Pb2+ Menggunakan Pencil Lead Electrode Termodifikasi Lapisan Tipis Perak dengan Metode …. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *8*, 17970–17976. https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/14938%0Ahttps://jptam.org/index.php/jptam/article/download/14938/11406

Allen J. Bard and Larry R. Faulkner, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, New York: Wiley, 2001, 2nd ed. (2002). *Russian Journal of Electrochemistry*, *38*(12), 1364–1365. https://doi.org/10.1023/A:1021637209564

Annu, Sharma, S., Jain, R., & Raja, A. N. (2020). Review—Pencil Graphite Electrode: An Emerging Sensing Material. *Journal of The Electrochemical Society*, *167*(3), 037501. https://doi.org/10.1149/2.0012003jes

Arce-Castro, J., Vilasó-Cadre, J. E., Benítez-Fernández, D., Rodríguez-de la Rosa, H., & Arada-Pérez, M. A. (2022). Effect of supporting electrolytes on voltammetry with manual staircase voltage scan. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, *8*(3), 14235-01e. https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss3pp14235-01e

Cheng, F., Yang, C., Zhou, C., Lan, L., Zhu, H., & Li, Y. (2020). Simultaneous determination of metal ions in zinc sulfate solution using UV–VIS spectrometry and SPSE-xgboost method. *Sensors (Switzerland)*, *20*(17), 1–14. https://doi.org/10.3390/s20174936

David, I. G., Popa, D. E., & Buleandra, M. (2017). Pencil graphite electrodes: A versatile tool in electroanalysis. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, *2017*(Cv). https://doi.org/10.1155/2017/1905968

Elgrishi, N., Rountree, K. J., McCarthy, B. D., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T., & Dempsey, J. L. (2018). A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal of Chemical Education*, *95*(2), 197–206. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00361

Fadiah, S., & Sari, T. K. (2024). *Pencil Lead Electrode Termodifikasi Lapisan Tipis Perak Untuk Deteksi Ion Logam Cd 2 + Dengan Metode Voltametri*. *6*(2), 164–173.

Isecke, B. G., Guimarães, A. S., Teixeira, G. F., Colmati, F., Ribeiro de Souza, A., de Macêdo, I. Y. L., Duarte, L. M., de Oliveira, S. B., Costa, A. G. C., Somerset, V. S., & Gil, E. de S. (2023). Bismuth Vanadate-Nanostructured Graphite Electrodes for Rhodamine B Photoelectrochemical Degradation. *Photochem*, *3*(1), 38–58. https://doi.org/10.3390/photochem3010003

Ivanišević, I. (2023). The Role of Silver Nanoparticles in Electrochemical Sensors for Aquatic Environmental Analysis. *Sensors*, *23*(7). https://doi.org/10.3390/s23073692

Jjagwe, J., Olupot, P. W., Kulabako, R., & Carrara, S. (2024). Electrochemical sensors modified with iron oxide nanoparticles/nanocomposites for voltametric detection of Pb (II) in water: A review. *Heliyon*, *10*(8), e29743. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29743

Phal, S., Nguyễn, H., Berisha, A., & Tesfalidet, S. (2021). In situ Bi/carboxyphenyl-modified glassy carbon electrode as a sensor platform for detection of Cd2+ and Pb2+ using square wave anodic stripping voltammetry. *Sensing and Bio-Sensing Research*, *34*(June), 0–7. https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100455

Pinate, S., Ispas, A., Leisner, P., & Zanella, C. (2021). Electrocodeposition of Ni composites and surface treatment of SiC nano-particles. *Surface and Coatings Technology*, *406*(November 2020), 126663. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126663

Pirozmand, M., Nezhadali, A., Payehghadr, M., & Saghatforoush, L. (2020). Ultratrace determination of cadmium ion in petrochemical sample by a new modified carbon paste electrode as voltametric sensor. *Eurasian Chemical Communications*, *2*(10), 1021–1032. https://doi.org/10.22034/ecc.2020.241560.1063

Riandi, D. M., Sari, T. K., Alizar, A., & Aini, S. (2025). Pengaruh Supporting Electrolyte Pada Penentuan Ion Pb2+ Secara Voltametri Siklik Menggunakan Pencil Lead Electrode (PLE) Modifikasi Lapisan Tipis Emas. *Periodic*, *14*(1), 5. https://doi.org/10.24036/periodic.v14i1.127237

Rosyidah, N. F., & Rachmadiarti, F. (2023). Salvinia molesta sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Zink (Zn) di Perairan. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, *12*(3), 430–438. https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p430-438

Safavi, A., Maleki, N., & Farjami, E. (2009). Electrodeposited silver nanoparticles on carbon ionic liquid electrode for electrocatalytic sensing of hydrogen peroxide. *Electroanalysis*, *21*(13), 1533–1538. https://doi.org/10.1002/elan.200804577

Sari, T. K., Takahashi, F., Jin, J., Zein, R., & Munaf, E. (2018). Electrochemical determination of chromium(VI) in river water with gold nanoparticles-graphene nanocomposites modified electrodes. *Analytical Sciences*, *34*(2), 155–160. https://doi.org/10.2116/analsci.34.155

Scholz, F., & Kopp, S. (2003). *Voltammetry In Electrochemical Analysis: Methods And Applications*.

Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2013). Fundamentals of analytical chemistry. *Cengage learning*.

Sobha Jayakrishnan, D. (2012). 5 - Electrodeposition: the versatile technique for nanomaterials. In V. S. Saji & R. Cook (Ed.), *Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials* (hal. 86–125). Woodhead Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857095800.1.86