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.v5i4.6738

PENGARUH *SUPPORTING ELECTROLYTE* TERHADAP DETEKSI ION LOGAM Pb(II) DAN Cu(II) MENGGUNAKAN PLE TERMODIFIKASI LAPISAN TIPIS PERAK DENGAN METODE *VOLTAMMETRI*

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

Sisri Wartati & Trisna Kumala Sari
Universitas Negeri Padang
trisna.kumala.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 6, 2025	Jul 1, 2025	Jul 13, 2025	Jul 18, 2025

Abstract

This study aims to evaluate the effect of different supporting electrolytes on the detection sensitivity of Pb(II) and Cu(II) ions simultaneously using a Pencil Lead Electrode (PLE) modified with a thin silver layer via electrodeposition. The modification was carried out using a 5 mM $AgNO_3$ solution in 0.1 M KNO_3 through cyclic voltammetry, producing reduction and oxidation peaks at +0.2256 V and +0.5253 V, respectively, indicating successful silver deposition on the electrode surface. The supporting electrolyte variations included 0.1 M solutions of HNO_3, H_2SO_4, and $HClO_4$, tested for 1 mM Pb(II) and Cu(II) ion analysis. The voltammogram results showed that 0.1 M HNO_3 yielded the highest current responses 1.3550 mA for Pb(II) and 1.3305 mA for Cu(II) making it the most optimal supporting electrolyte. These differences are attributed to the ionic mobility and diffusion rate of the species toward the electrode surface. The findings demonstrate

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

that the choice of supporting electrolyte significantly influences the performance of electrochemical sensors. This research contributes to the development of efficient, cost-effective, and sensitive PLE-based sensors for simultaneous heavy metal detection.

Keywords: Modified PLE; Silver; Cyclic Voltammetry; Pb(II); Cu(II); Supporting Electrolyte

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis *supporting electrolyte* terhadap sensitivitas deteksi ion logam Pb(II) dan Cu(II) secara simultan menggunakan *Pencil Lead Electrode* (PLE) yang dimodifikasi dengan lapisan tipis perak melalui metode elektrodeposisi. Proses modifikasi dilakukan dengan larutan $AgNO_3$ 5 mM dalam KNO_3 0,1 M menggunakan teknik voltammetri siklik, yang menghasilkan puncak reduksi dan oksidasi masing-masing pada +0,2256 V dan +0,5253 V, mengindikasikan keberhasilan deposisi perak pada permukaan elektroda. Pengujian variasi *supporting electrolyte* melibatkan larutan HNO_3, H_2SO_4, dan $HClO_4$ masing-masing pada konsentrasi 0,1 M untuk analisis ion Pb(II) dan Cu(II) 1 mM. Hasil voltammogram menunjukkan bahwa HNO_3 0,1 M menghasilkan arus tertinggi, yakni 1,3550 mA untuk Pb(II) dan 1,3305 mA untuk Cu(II), menjadikannya elektrolit pendukung paling optimal. Perbedaan respons ini berkaitan dengan mobilitas ionik dan laju difusi spesies terhadap permukaan elektroda. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan *supporting electrolyte* yang tepat sangat memengaruhi kinerja sensor elektrokimia. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sensor berbasis PLE yang efisien, ekonomis, dan sensitif untuk deteksi logam berat secara simultan.

Kata Kunci: PLE Termodifikasi; Perak; Voltammetri Siklik; Pb(II); Cu(II); *Supporting Electrolyte*

PENDAHULUAN

Kemajuan industri dalam perekonomian global turut memicu munculnya berbagai permasalahan lingkungan. Salah satu masalah yang paling mengkhawatirkan adalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam berat. Penumpukan logam berat di dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan gangguan pada ginjal, kegagalan pernapasan, kerusakan sistem saraf pusat, hingga berujung pada kematian. Beberapa jenis logam berat yang sering mencemari lingkungan antara lain Hg^{2+}, Cu^{2+}, Pb^{2+}, dan Cd^{2+}(Phal et al., 2021).

Kandungan timbal dan tembaga yang melampaui batas aman dalam air dapat membahayakan kesehatan manusia serta organisme yang hidup di perairan, karena timbal bersifat racun bagi biota akuatik dan dapat mengganggu fungsi fisiologis makhluk hidup (Saputri & Marni, 2024). Masuknya logam Pb dan Cu ke lingkungan dapat disebabkan dari faktor aktivitas industri yang menggunakan logam timbal secara berlebihan. Beberapa

industri yang memanfaatkan logam timbal di antaranya industri bahan bakar, pertambangan, cat, keramik, batu bara, dan baterai (Sarvestani et al., 2023).

Berbagai metode analisis telah banyak dimanfaatkan untuk mendeteksi keberadaan ion logam berat, antara lain ICP-MS, spektroskopi serapan atom, dan spektroskopi UV-Vis. Teknik-teknik ini dikenal memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, sehingga mampu mendeteksi logam dalam konsentrasi rendah (Zamhari et al., 2022). Namun, penerapannya memerlukan peralatan berteknologi tinggi, biaya operasional yang besar, serta proses analisis yang cukup memakan waktu, sehingga kurang efisien untuk analisis cepat di lapangan (Kumala Sari et al., 2021). Sehingga, diperlukan metode yang cepat serta efektif untuk mendeteksi ion logam berat seperti metode elektrokimia (Liu et al., 2019). Metode elektrokimia ini memiliki kelebihan diantaranya yaitu sederhana, sensitif, biayanya yang murah (Kumala Sari et al., 2021). Salah satu metode elektrokimia yang dapat digunakan untuk mendeteksi ion logam berat adalah voltammetri siklik (Jjagwe et al., 2024).

Pencil Lead Electrode (PLE) merupakan jenis elektroda berbasis karbon yang digunakan dalam penelitian ini (Annu et al., 2020). PLE memiliki sejumlah keunggulan, antara lain konduktivitas listrik yang tinggi, desain yang sederhana, mudah diperoleh, biaya yang relatif rendah (David et al., 2017), serta memiliki rentang potensial kerja yang luas (Alipour et al., 2022). Untuk meningkatkan sensitivitas kinerjanya, elektroda PLE perlu dimodifikasi (Ahmed et al., 2023). Beberapa penelitian yang menggunakan PLE sebelumnya yaitu : Ag/PLE (Afifah & Sari, 2024), Au/PLE (Kumala Sari et al., 2021), dan PLE modifikasi Bismuth-film (Bedin et al., 2018). Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk memodifikasi elektroda adalah logam perak (Ivanišević, 2023). Penggunaan lapisan tipis perak pada elektroda memberikan beberapa manfaat, seperti meningkatkan laju transfer elektron, memperkuat respons elektrokatalitik (Afifah & Sari, 2024), serta memperbaiki konduktivitas listriknya (Putri et al., 2021).

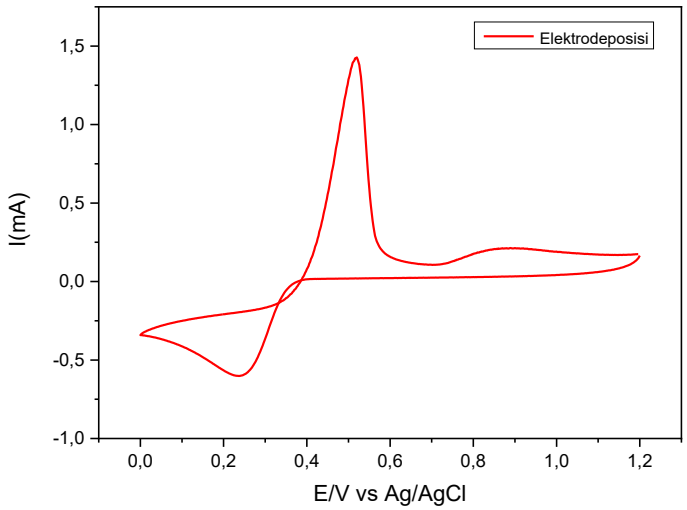
Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dalam mendeteksi ion logam Pb(II) dan Cu(II) secara simultan dengan menggunakan elektroda Ag/PLE. Modifikasi PLE dilakukan melalui proses elektrodeposisi, kemudian pengaruh elektrolit pendukung dianalisis menggunakan teknik voltametri siklik.

METODE

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, $Pb(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$, $AgNO_3$, KNO_3, HNO_3, $HClO_4$, kertas saring, dan akuades. Awalnya *Pencil Lead Electrode* (PLE) dilapisi menggunakan lapisan tipis perak dengan metode elektrodeposi dengan larutan 5 mM $AgNO_3$ didalam 0,1 M KNO_3 kemudian scan potensial diatur dari +1,2 V hingga 0 V dengan scan rate 100 mV/s sebanyak satu cycle elektrodeposisi. Elektroda ini kemudian direspresentasikan sebagai PLE termodifikasi lapisan tipis perak (Ag/PLE) (Afifah & Sari, 2024). Proses selanjutnya adalah variasi supporting electrolyte yang dilakukan terhadap larutan Pb(II) dan Cu(II) 1 mM dengan variasi supporting electrolyte HNO_3 0,1 M, H_2SO_4 0,1 M dan $HClO_4$ 0,1 M. Pengukuran dilakukan dengan metode voltammetri siklik dengan scan potensial +600 V hingga -0,3 V, scan rate 100 mV/s.

HASIL

Modifikasi PLE dengan perak (Ag/PLE) dilakukan dengan teknik elektrodeposisi dengan metode siklik voltammetri. Voltammogram elektrodeposisi dapat dilihat pada gambar 1



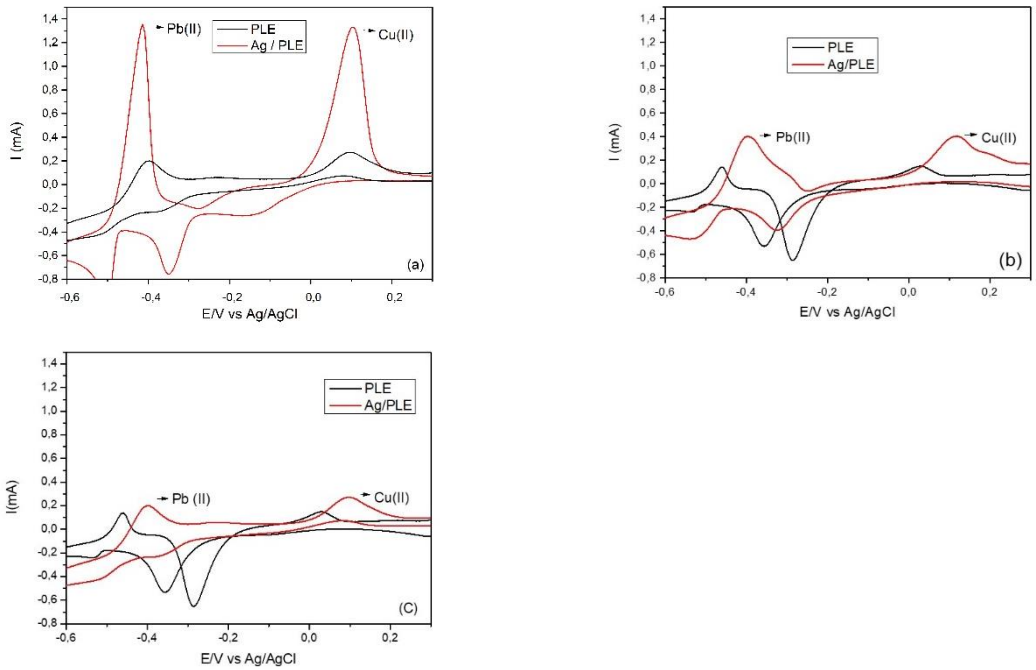
Gambar 1. Voltammogram siklik modifikasi Pencil Lead Electrode (PLE) menggunakan larutan $AgNO_3$ 5 mM didalam KNO_3 0,1 M, scan rate 100 mV/s.

Berdasarkan voltammogram pada Gambar 1, terlihat adanya dua puncak yang menunjukkan (i) proses reduksi dan (ii) proses oksidasi pada elektroda Ag/PLE. Kemunculan puncak-puncak oksidasi dan reduksi ini menunjukkan keberhasilan proses modifikasi menggunakan teknik elektrodeposisi (Afifah & Sari, 2024). Potensial reduksi teramati pada +0,2256 V, sedangkan potensial oksidasi muncul pada +0,5253 V. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa reduksi ion perak terjadi pada +0,27 V dan oksidasi pada +0,58 V (Afifah & Sari, 2024).

Table 1. potensial dan arus yang terukur dalam proses elektrodeposisi

	E(V)	I(mA)
Reduksi	+0,2256 V	-0,7810
Oksidasi	+0,5253 V	+1,4844

Dalam penelitian ini, pengaruh berbagai jenis supporting electrolyte dievaluasi dengan menggunakan larutan HNO_3, H_2SO_4 dan $HClO_4$ masing-masing pada konsentrasi 0,1 M. Berdasarkan hasil analisis, HNO_3 menghasilkan arus oksidasi dan reduksi yang paling tinggi dalam pendeteksian ion logam Pb(II) dan Cu(II). Hal ini menunjukkan bahwa HNO_3 0,1 M merupakan supporting electrolyte yang paling optimal untuk mendeteksi ion logam Pb(II) dan Cu(II). Voltammogram yang menggambarkan pengaruh berbagai supporting electrolyte ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Voltamogram siklik pada Ag/PLE dalam variasi supporting electrolyte (a)HNO3 0,1 M, (b) HCl 0,1 M, (c) H_2SO_4 0,1 M scan rate 100 mV/s.

PEMBAHASAN

Modifikasi PLE menggunakan lapisan tipis perak secara elektrodeposisi

Voltammogram hasil elektrodeposisi Ag/PLE yang ditampilkan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa puncak potensial reduksi dan oksidasi masing-masing berada pada +0,2256 V dan +0,5253 V. Dalam teknik elektrodeposisi ini, penerapan potensial listrik memungkinkan logam sebagai material pengubah mengendap pada permukaan elektroda (Jjagwe et al., 2024). Keuntungan dari metode modifikasi ini meliputi biaya yang relatif rendah, proses yang sederhana (Pinate et al., 2021), serta menghasilkan partikel dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Safavi et al., 2009). Sementara itu, modifikasi PLE menggunakan lapisan tipis perak mampu meningkatkan sensitivitas elektroda (Berisha & Tesfalidet, 2021), mempercepat transfer elektron, serta meningkatkan respons elektrokatalitik (Afifah & Sari, 2024). Reaksi reduksi dan oksidasi yang muncul pada permukaan elektroda yaitu:

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

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

Pengaruh *Supporting electrolyte* terhadap deteksi ion logam Pb(II) dan Cu(II)

Variasi jenis *supporting electrolyte* dalam pendeteksian ion Pb(II) dan Cu(II) dilakukan dengan menggunakan larutan Pb(II) dan Cu(II) 1 mM. *Supporting electrolyte* berfungsi sebagai zat terlarut yang memiliki mobilitas ion tinggi, sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan elektron akibat adanya medan listrik yang timbul dari perbedaan potensial (Arce-Castro et al., 2022). Konduktivitas larutan bergantung pada jumlah dan mobilitas ion yang terdapat dalam larutan. *Supporting electrolyte* yang bersifat kuat dan mudah terionisasi, seperti asam kuat dapat menghasilkan ion-ion dalam jumlah besar yang mampu menghantarkan arus listrik dengan lebih efisien dimana semakin tinggi konduktivitas larutan, maka hambatan dalam larutan akan lebih kecil, sehingga memungkinkan arus mengalir lebih mudah dalam sistem elektrokimia (Dickinson et al., 2009). *Supporting electrolyte* juga menciptakan lingkungan ionik yang stabil yang mendorong proses transportasi massa melalui difusi, bukan migrasi. Laju difusi sangat bergantung pada gradien konsentrasi dan ketebalan lapisan difusi di permukaan elektroda. Ketika *supporting electrolyte* menjaga lingkungan ionik

tetap konstan, gradien konsentrasi antara larutan dan permukaan elektroda meningkat, yang menyebabkan spesies tereduksi atau teroksidasi lebih cepat (Arce-Castro et al., 2022).

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Gambar 2, pengukuran ion logam Pb(II) dan Cu(II) menunjukkan hasil paling optimal saat menggunakan HNO_3 0,1 M sebagai *supporting electrolyte*. Tingkat mobilitas ionik dalam larutan sangat berperan dalam penghantaran arus listrik, sehingga memengaruhi besar kecilnya arus yang terbaca. Semakin mudah larutan tersebut terionisasi, maka kemampuannya dalam menghantarkan arus juga semakin meningkat (Angizi et al., 2023). Oleh karena itu, HNO_3 0,1 M dianggap sebagai *supporting electrolyte* yang paling efektif dalam analisis ion Pb(II) dan Cu(II) secara simultan, karena memiliki kekuatan ionisasi yang tinggi dan mampu menghasilkan arus terbesar, yaitu Pb(II) = 1,3550 mA dan Cu(II) = 13305 mA.

KESIMPULAN

PLE dimodifikasi dengan lapisan tipis perak melalui metode elektrodeposisi. Lapisan perak tersebut berfungsi untuk meningkatkan laju transfer elektron, memperkuat respons elektrokatalitik, serta menambah ketahanan elektroda terhadap pengotor di permukaannya. Selanjutnya, untuk mendeteksi ion logam Pb(II) dan Cu(II), dilakukan pengujian pemilihan *supporting electrolyte* yang paling sesuai menggunakan teknik voltammetri siklik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa HNO_3 0,1 M merupakan *supporting electrolyte* paling optimal karena mampu menghasilkan arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis elektrolit pendukung lainnya. Perbedaan sensitivitas sinyal terhadap ion Pb(II) dan Cu(II) ini dipengaruhi oleh variasi laju difusi spesies pada permukaan elektroda.

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

Ahmed, A. S., Mohamed, M. B. I., Bedair, M. A., El-Zomrawy, A. A., & Bakr, M. F. (2023). A new Schiff base-fabricated pencil lead electrode for the efficient detection of copper, lead, and cadmium ions in aqueous media. RSC Advances, 13(23), 15651–15666. https://doi.org/10.1039/d3ra02582a

Alipour, E., Mirzae Bolali, F., Norouzi, S., & Saadatirad, A. (2022). Electrochemically activated pencil lead electrode as a sensitive voltammetric sensor to determine gallic acid. Food Chemistry, 375(August 2021), 131871. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131871

Angizi, S., Hong, L., Huang, X., Selvaganapathy, P. R., & Kruse, P. (2023). Graphene versus concentrated aqueous electrolytes: the role of the electrochemical double layer in determining the screening length of an electrolyte. Npj 2D Materials and Applications, 7(1). https://doi.org/10.1038/s41699-023-00431-y

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

Bedin, K. C., Mitsuyasu, E. Y., Ronix, A., Cazetta, A. L., Pezoti, O., & Almeida, V. C. (2018). Inexpensive Bismuth-Film Electrode Supported on Pencil-Lead Graphite for Determination of Pb (II) and Cd (II) Ions by Anodic Stripping Voltammetry. 2018.

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

Dickinson, E. J. F., Limon-Petersen, J. G., Rees, N. V., & Compton, R. G. (2009). How much supporting electrolyte is required to make a cyclic voltammetry experiment quantitatively ―diffusional‖? A theoretical and experimental investigation. Journal of Physical Chemistry C, 113(25), 11157–11171. https://doi.org/10.1021/jp901628

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 voltammetric detection of Pb in water: A review. Heliyon, 10(8), e29743. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29743

Kumala Sari, T., Riga, R., & Zubir, M. (2021). Eksakta Article Pencil Lead Electrode Modified with Gold Thin Layer for Voltammetric Detection of Chromium(VI). Eksakta : Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 22(2), 145–153. http://www.eksakta.ppj.unp.ac.id/index.php/eksakta

Liu, X., Yao, Y., Ying, Y., & Ping, J. (2019). Recent advances in nanomaterial-enabled screen printed electrochemical sensors for heavy metal detection. TrAC - Trends in Analytical Chemistry, 115, 187–202. https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.03.021

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(December 2022). https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100455

Pinate, S., Ispas, A., Leisner, P., & Zanella, C. (2021). Surface & Coatings Technology Electrocodeposition of Ni composites and surface treatment of SiC. Surface &

Coatings Technology, 406(November 2020), 126663. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126663

Putri, Y. A., Sari, T. K., Oktavia, B., & Nizar, U. K. (2021). Pengaruh Supporting Electrolyte Pada Penentuan Formaldehida Secara Voltammetri Siklik Menggunakan Pencil Lead Electrode (PLE) Modifikasi Lapisan Tipis Perak. 10(1), 1–6.

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

Saputri, L., & Marni, L. G. (2024). Analisis Kadar Timbal (Pb) Terlarut Pada Air Sungai Batanghari Kota Jambi Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). JSSIT: Jurnal Sains Dan Sains Terapan, 2(2), 18–25. https://doi.org/10.30631/jssit.v2i2.71

Sarvestani, M. R. J., Madrakian, T., & Afkhami, A. (2023). Simultaneous electrochemical determination of Pb2+ and Cu2+ ions in food samples by a silver nanoparticle-COF composite modified glassy carbon electrode. Journal of Food Measurement and Characterization, 3505–3514. https://doi.org/0.1007/s11694 023-01880-1

Zamhari, M., Hidayah, M. A., Tunjungsari, G. P., & Sedyadi, E. (2022). Electrochemical Detection of Pb(II) Using A Pencil Electrode with Square Wave Anodic Stripping Voltammetry Method. EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan), 7(2), 150. https://doi.org/10.30870/educhemia.v7i2.14756