

# Pengaruh *Supporting Electrolyte* Pada Penentuan Formaldehida Secara Voltametri Siklik Menggunakan *Pencil Lead Electrode* (PLE) Modifikasi Lapisan Tipis Perak

Yunisa Anugrah Putri<sup>1</sup>, Trisna Kumala Sari<sup>2\*</sup>, Budhi Oktavia<sup>3</sup>, Umar Kalmar Nizar<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Padang, Indonesia

\*[trisna.kumala.s@fmipa.unp.ac.id](mailto:trisna.kumala.s@fmipa.unp.ac.id)

**Abstract** — Formaldehyde was detected electrochemically using a pencil lead electrode modified with a thin layer of silver (Ag/PLE). Modification of the silver thin layer was carried out by sweeping-potential electrodeposition using the cyclic voltammetry method. This study aims to study the response of PLE and Ag/PLE for determination of formaldehyde and also to determine the optimum conditions of the supporting electrolyte used in the measurement of formaldehyde. The results showed that Ag/PLE provided better performance than PLE and 0.1 M KOH was the optimum supporting electrolyte. Measurement of formaldehyde using Ag/PLE electrodes with a concentration of 10 mM of test analyte. The oxidation peak of formaldehyde is present at a potential of 0.054 Volt.

**Keywords** — Formaldehyde, Supporting Electrolyte, Silver Thin Layer, Pencil Lead Electrode, Cyclic Voltammetry

## I. PENGANTAR

Formaldehida (CH<sub>2</sub>O) digolongkan sebagai senyawa organik karbonil yang memiliki sifat mudah terbakar, bau menyengat, dan reaktivitas yang tinggi [1]. Formaldehida digunakan secara luas pada proses pengawetan, dan menjadi bahan yang populer di industri seperti bahan kimia, serta produk sehari-hari. Penggunaan formaldehida yang meluas, dan sifat toksisitas yang dimiliki, menyebabkan senyawa ini menimbulkan bahaya yang signifikan bagi kesehatan manusia [2].

Paparan formaldehida dalam tubuh akan beberapa penyakit berbahaya seperti rasa terbakar pada mata, hidung, kulit, dan kerusakan ginjal [3]. Karena potensi toksisitasnya, *World Health Organization* (WHO) telah menetapkan ambang batas paparan formaldehida pada manusia tidak boleh lebih dari 0,08 mg/L dalam jangka waktu 30 menit [4]. Umumnya, metode yang digunakan dalam mendeteksi kandungan formaldehida adalah Spektrofotometri UV-VIS [5], *High Performance Liquid Chromatografi* (HPLC) [6], dan *Gas Chromatography* (GC) [7]. Namun penggunaan metode ini memiliki beberapa kelemahan seperti biaya instrumentasi yang mahal, proses persiapan sampel yang rumit, dan waktu analisis yang cukup lama.

Sensor elektrokimia menjadi alternatif instrumen analisa yang menjanjikan karena manfaat yang diciptakan seperti sensitivitas dan selektivitas yang baik, serta instrumentasi dengan biaya terjangkau [8]. Pengujian elektrokimia memiliki

metode yang sederhana dan praktis dengan batas deteksi rendah dan rentang pengukuran yang luas. Untuk meningkatkan kinerja pengujian elektrokimia, dilakukan modifikasi elektroda untuk mengurangi tegangan berlebih dan mempercepat laju reaksi [9]. Penentuan formaldehida secara elektrokimia telah dipelajari sebelumnya dengan menggunakan elektroda Ni-Pd/GC [10], AuNPs/Ppy[11], dan Ni-GC[12].

Pada penelitian ini, formaldehida dideteksi menggunakan *Pencil Lead Electrode* yang dimodifikasi dengan lapisan tipis perak. PLE telah digunakan sebagai bahan elektroda dalam berbagai aplikasi analisis. Keuntungan menggunakan bahan ini antara lain konduktivitas listriknya yang tinggi, proses persiapan yang sederhana dan cepat, biaya rendah, dan ketersediaan yang mudah [13]. Namun, modifikasi PLE perlu dilakukan untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas elektroda [14]. Penggunaan lapisan tipis perak dalam modifikasi permukaan elektroda menunjukkan beberapa keunggulan seperti peningkatan transpor massa dan elektron, luas permukaan efektif yang tinggi, konduktivitas yang tinggi[15].

Untuk pertama kalinya akan dilakukan penelitian mengenai Penentuan formaldehida menggunakan *pencil lead electrode* modifikasi dengan lapisan tipis perak. Formaldehida akan dideteksi menggunakan *pencil lead electrode* yang dimodifikasi dengan lapisan tipis perak dengan metode elektrodeposisi *sweeping-potential* dengan voltametri siklik. Sifat elektrokimia dari elektroda modifikasi dan pengaruh

supporting electrolyte dalam penentuan formaldehida akan diuji menggunakan metode voltametri siklik. Penelitian ini menawarkan metode yang sederhana, sensitif, serta cepat dengan biaya analisis yang rendah.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi labu ukur, pipet ukur mikro, gelas kimia, botol vial 10 mL, botol reagen 100 mL, kertas saring whattman, tisu, kaca arloji, Teflon tube berukuran 1 mm, Pencil Lead Electrode Debozz leads (0,9 mm), Elektroda pembantu kawat platina (Pt), Elektroda pembanding Ag/AgCl, potensiostat e-DAQ model EA163, dan seperangkat komputer

### B. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi padatan  $\text{AgNO}_3$ , Supporting electrolyte dengan variasi (KOH 1 M, Buffer Fosfat dari  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dan  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , dan  $\text{HNO}_3$  0,1 M), Padatan formaldehida, larutan  $[\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]]$ , Padatan  $\text{KNO}_3$  dan Aquadest.

### C. Prosedur Penelitian

#### 1. Preparasi PLE Modifikasi dengan Lapisan Tipis Perak

Elektroda PLE dimodifikasi dengan lapisan tipis perak dengan elektrodeposisi dalam larutan 5 mM  $\text{AgNO}_3$  dan  $\text{KNO}_3$  0,1 M. Potensial pada elektroda diterapkan dari 1 V hingga -1 V dengan scan rate 50 mV/s sebanyak 1 cycle. Elektroda ini direpresentasikan sebagai Pencil Lead Electrode termodifikasi lapisan tipis perak (Ag/PLE)[16].

#### 2. Karakterisasi elektroda non modifikasi PLE dan elektroda modifikasi Ag/PLE pada $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ secara voltametri siklik

Pengukuran elektrokimia dilakukan dengan metode voltametri siklik menggunakan analit  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  2mM dalam larutan Supporting electrolyte  $\text{KNO}_3$  0,1 M. Selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan CV dengan scan rate 50 mV/s untuk melihat kinerja elektroda non modifikasi dan modifikasi [14].

#### 3. Perbandingan elektroda non modifikasi PLE dan elektroda modifikasi Ag/PLE dengan metode voltametri siklik terhadap deteksi formaldehida

Untuk melihat kinerja elektroda kerja non modifikasi dan modifikasi Ag/PLE terhadap deteksi formaldehida, pengukuran dilakukan menggunakan voltametri siklik dalam larutan formaldehida 10 mM dan KOH 0,1 M pada potensial -1 hingga 1 V dengan scan rate 50 mV/s.

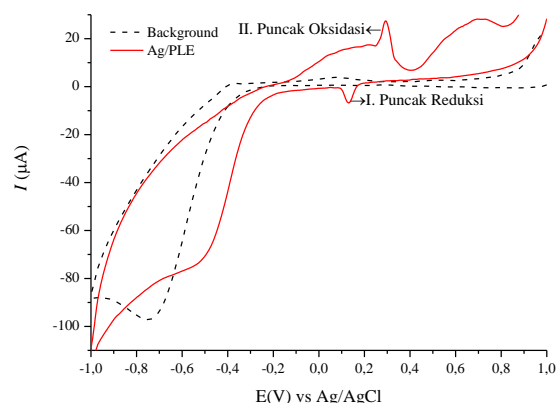
#### 4. Variasi supporting electrolyte

Dilakukan pengujian terhadap larutan formaldehida 10 mM dengan metode voltametri siklik dengan variasi Supporting electrolyte (A) larutan Buffer Fosfat pH 7 [17] (B) larutan  $\text{HNO}_3$  0,1 M [18] (C) larutan KOH 0,1 M [12].

## III. HASIL PENELITIAN

### A. Preparasi PLE modifikasi dengan Lapisan Tipis Perak

Pada preparasi PLE modifikasi dengan lapisan tipis perak digunakan metode *sweeping-potential* elektrodeposisi dalam larutan 5 mM  $\text{AgNO}_3$  dan  $\text{KNO}_3$  0,1 M secara voltametri siklik dengan potensial yang diterapkan pada elektrodeposisi dari 1 V hingga -1 V dengan scan rate 50 mV/s sebanyak 1 cycle. Elektroda ini direpresentasikan sebagai Pencil Lead Electrode termodifikasi lapisan tipis perak (Ag/PLE).

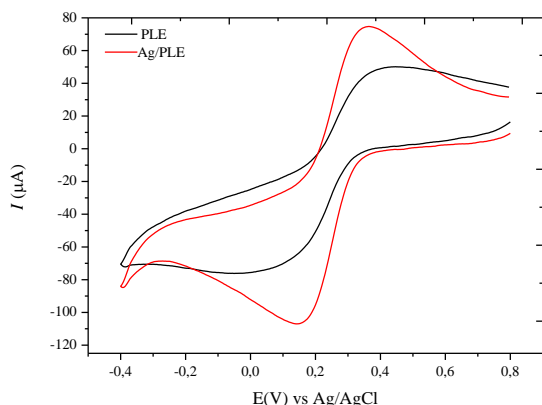


Gambar 1. Voltammogram siklik modifikasi PLE dalam larutan 5 mM  $\text{AgNO}_3$  dan 0,1 M  $\text{KNO}_3$  dengan scan rate 50 mV/s secara elektrodeposisi

- I. Puncak Reduksi :  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$  ( $\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag}$ )  
 II. Puncak Oksidasi :  $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$  ( $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}$ )

Puncak reduksi dan oksidasi tercatat pada voltammogram elektroda PLE modifikasi lapisan tipis perak dalam larutan 0,1 M  $\text{KNO}_3$ , seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Puncak reduksi, menunjukkan terjadinya reduksi ion  $\text{Ag}^+$  menjadi Ag yang ditunjukkan pada potensial 0,13 Volt, yang dihasilkan dari reduksi dari larutan ke permukaan elektroda. Pada puncak oksidasi, ditunjukkan pada potensial 0,29 Volt (vs. Ag/AgCl), sesuai proses oksidasi logam perak menjadi ion Ag ( $\text{Ag}^+$ ). Proses reduksi-oksidasi yang terjadi pada permukaan elektroda PLE menandakan bahwa  $\text{AgNO}_3$  telah terdeposisi pada permukaan PLE [19][20].

### B. Karakterisasi elektroda non modifikasi PLE dan elektroda modifikasi Ag/PLE pada $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ secara voltametri siklik



Gambar 2. Voltammogram siklik PLE dan Ag/PLE dalam 2 mM  $[Fe(CN)_6]^{3/4-}$  dan 0,1 M  $KNO_3$  pada 50 mV/s

Karakterisasi elektroda dilakukan untuk menentukan luas area permukaan elektroda serta memastikan bahwa elektroda dapat memberikan sinyal yang baik. Langkah ini dilakukan dengan sistem tiga elektroda yang terdiri dari PLE dan Ag/PLE sebagai elektroda kerja, Ag/AgCl sebagai elektroda referensi dan platina sebagai elektroda pembantu. Tahapan ini dilakukan dalam larutan 2 mM  $K_3[Fe(CN)_6]$  dalam 0,1 M  $KNO_3$  menggunakan metode voltametri siklik dengan rentang potensial 0,8 V hingga -0,4 V dengan scan rate 50 mV/s. Voltammogram siklik pada Gambar 2. menunjukkan puncak oksidasi dan reduksi dengan reaksi berikut :

- I. Puncak reduksi :  $[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$
- II. Puncak oksidasi :  $[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{3-} + e^-$

Puncak reduksi dan oksidasi Ag/PLE yang terdefinisi dengan baik diperoleh pada potensial 0,14 V dan 0,35 V. Pada penelitian ini, nilai  $I_{pa}$  PLE diperoleh sebesar 42,1  $\mu A$  dengan nilai  $E_{pa}$  0,4 V,  $I_{pc}$  PLE diperoleh sebesar 42,8  $\mu A$  dengan nilai  $E_{pc}$  0,04 V. Sedangkan pada Ag/PLE nilai  $I_{pa}$  diperoleh sebesar 75,76  $\mu A$  dengan nilai  $E_{pa}$  0,356 V,  $I_{pc}$  Ag/PLE diperoleh sebesar 80,77  $\mu A$  dengan nilai  $E_{pc}$  0,14 V.

Respon voltametri siklik pada kedua elektroda berupa quasi-reversible pada reaksi redoks  $[Fe(CN)_6]^{3-}/[Fe(CN)_6]^{4-}$  dengan  $(E_{pa}-E_{pc})$  PLE sebesar 0,36 V dan Ag/PLE sebesar 0,20 V. Puncak  $Fe(CN)_6^{3/4-}$  yang tinggi dan lebar pada puncak anodik dan katodik menggunakan elektroda modifikasi menegaskan bahwa elektroda Ag/PLE memiliki kinerja yang sangat baik dibandingkan elektroda non modifikasi. Elektroda modifikasi yang telah disiapkan memberikan konduktivitas yang baik dan siap digunakan [21]

Aktivitas elektrokatalitik Ag/PLE dapat dipelajari dengan menghitung luas permukaan elektroaktif elektroda. Persamaan Randles-Sevick telah digunakan untuk menghitung luas permukaan elektroaktif elektroda.

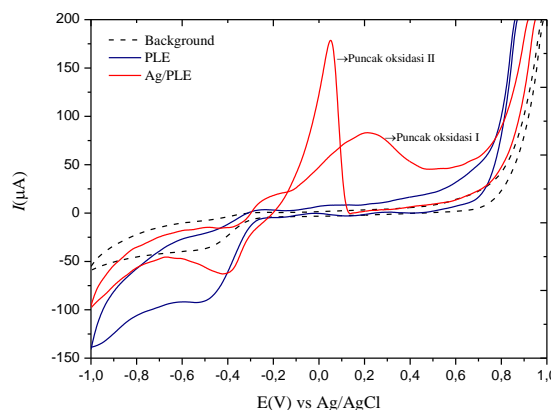
$$I_p = 2.69 \times 10^5 AD^{1/2} n^{3/2} v^{1/2} C \quad (1)$$

A adalah luas elektroda ( $cm^2$ ), v adalah laju pemindaian (V/s), dan n adalah jumlah transfer elektron. Penelitian ini menunjukkan perpindahan elektron yang ditransfer ( $n=1$ )

untuk  $K_3[Fe(CN)_6]$ , Konsentrasi (C) adalah 2 mM, dan koefisien difusi (D) adalah  $6,057 \times 10^{-6} cm^2/s$ . Nilai luas elektroda dari PLE non modifikasi, dan Ag/PLE yang diperoleh masing-masing adalah 0,05  $cm^2$  dan 0,11  $cm^2$ . Arus puncak Ag/PLE lebih tinggi daripada PLE karena kinetika elektroda yang meningkat dengan elektroda modifikasi Ag/PLE [14]

C. Perbandingan elektroda PLE non modifikasi dan elektroda modifikasi Ag/PLE dengan metode voltametri siklik terhadap deteksi formaldehida

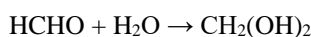
Untuk membandingkan aktivitas elektroda non modifikasi dengan elektroda modifikasi. Elektroda PLE dan Ag/PLE diukur dalam larutan uji 10 mM formaldehida dan 0,1 M KOH dengan metode voltametri siklik dengan rentang potensial dari -0,1 hingga 1 V pada scan rate 50 mV/s. Gambar 3 menunjukkan bahwa tidak ada respons yang diamati dari elektroda PLE non modifikasi. Namun, dua puncak diperoleh pada elektroda modifikasi Ag/PLE. Sedangkan, puncak redoks yang diamati untuk elektroda PLE tidak ada respon, yang menunjukkan bahwa formaldehida tidak aktif pada elektroda PLE [22].



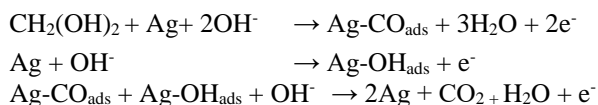
Gambar 3. Voltammogram siklik PLE dan Ag/PLE dalam 10 mM formaldehida dan 0,1 M KOH pada scan rate 50 mV/s

Elektroda Ag/PLE menunjukkan puncak oksidasi I pada formaldehida pada potensial 0,216 V dengan arus puncak yang terukur 83  $\mu A$  pada forward scan dan puncak oksidasi II pada potensial 0,054 V dengan arus puncak 178  $\mu A$  pada reverse scan.

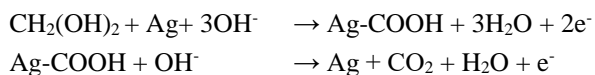
Menurut hasil voltammogram dan laporan sebelumnya [23], mekanisme reaksi yang terjadi dimana formaldehida dioksidasi menjadi  $CO_2$  melalui mekanisme jalur ganda, yang melibatkan perantara reaktif dan CO yang diserap sebagai senyawa intermediet. Dalam satu jalur, oksidasi formaldehida dapat langsung terjadi (reaksi 2). Sedangkan pada mekanisme lain, formaldehida dioksidasi menjadi CO (reaksi 1), yang pada gilirannya akan dihilangkan. Pada potensial yang lebih tinggi, peningkatan arus yang cepat diamati selama zat antara dioksidasi lebih lanjut oleh perak yang membantu mengubah zat antara menjadi  $CO_2$ .



Reaksi 1 :



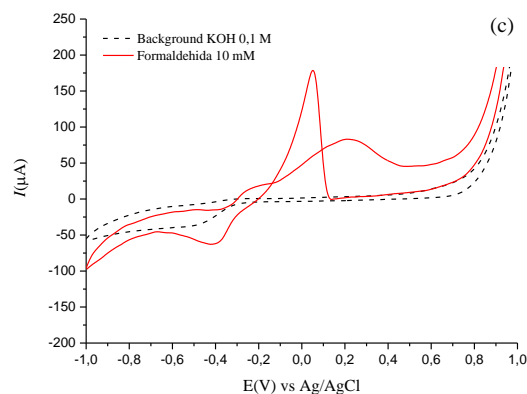
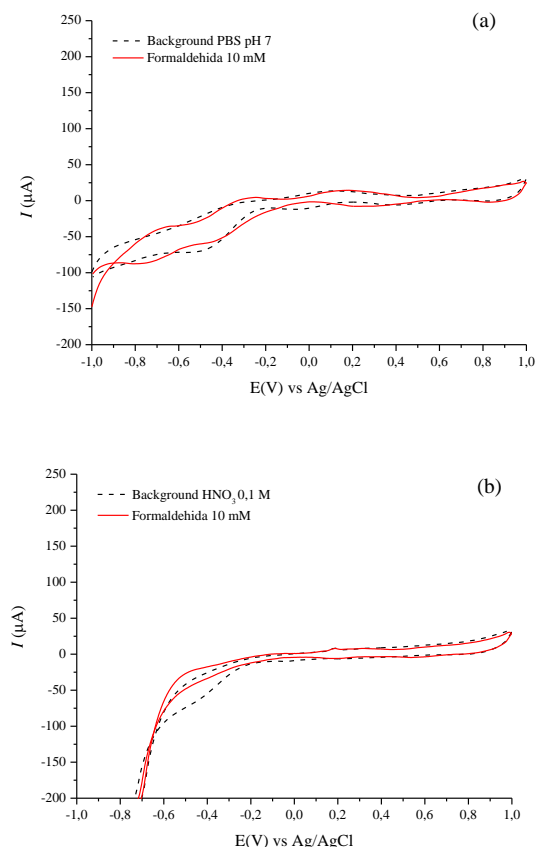
Reaksi 2:



Diamati bahwa arus puncak oksidasi formaldehida I dan II cukup tinggi, menunjukkan bahwa lapisan tipis perak yang terdeposisi pada permukaan elektroda memiliki aktivitas elektrokatalitik yang lebih baik terhadap oksidasi formaldehida. Selain itu, tidak ada puncak reduksi yang terlihat pada CV, yang menunjukkan bahwa oksidasi formaldehida pada elektroda Ag/PLE merupakan reaksi irreversible [22].

#### D. Pengaruh variasi supporting electrolyte

Pengaruh dari supporting electrolyte dipelajari menggunakan larutan PBS (pH 7), HNO<sub>3</sub> 0,1 M, dan KOH 0,1 M dengan voltametri siklik pada rentang potensial dari -0,1 hingga 1 V dan scan rate 50 mV/s.



Gambar 4. Voltammogram siklik dari Ag/PLE dalam 10 mM Formaldehida dengan variasi supporting electrolyte (a) PBS pH 7, (b) HNO<sub>3</sub> 0,1 M, dan (c) KOH 0,1 M pada scan rate 50 mV/s

Gambar 4. menunjukkan siklik voltammogram 10 mM formaldehida menggunakan Ag/PLE dengan variasi supporting electrolyte. Sebagaimana yang terlihat pada gambar 5(a) dan 5(b). puncak oksidasi formaldehida tidak tampak pada penambahan supporting electrolyte PBS (pH 7) dan HNO<sub>3</sub>, yang diasumsikan bahwa oksidasi formaldehida sulit terjadi pada larutan tersebut. Pada larutan PBS (pH 7) menghasilkan beberapa puncak yang berbeda (puncak yang tidak diinginkan) yang berasal dari banyak kemungkinan efek ion (misalnya OH<sup>-</sup>, H<sup>+</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) [25]. Puncak oksidasi formaldehida diperoleh 0,054 V dengan arus puncak 178 µA pada reverse scan ketika larutan KOH 0,1 M digunakan sebagai supporting electrolyte (gambar 5c.) Hasilnya mengungkapkan sensitivitas yang tinggi dan puncak yang tajam serta terdefinisi dengan baik untuk oksidasi formaldehida. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan KOH 0,1 M sebagai supporting electrolyte yang optimum.

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, lapisan tipis perak termodifikasi pada permukaan pencil lead electrode diselidiki untuk deteksi voltametri formaldehida secara elektrodeposisi. Ag/PLE menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan PLE non modifikasi untuk deteksi formaldehida, yang disebabkan karena peningkatan sifat pada permukaan PLE. Elektroda Ag/PLE diuji menggunakan metode CV pada deteksi formaldehida dengan beberapa variasi supporting electrolyte menunjukkan kondisi optimum pengukuran formaldehida yaitu pada larutan KOH 0,1 M sebagai supporting electrolyte.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang yang telah memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan penelitian. Selanjutnya, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu dosen Departemen Kimia atas bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian artikel ini.

## REFERENSI

- [1] Elham Yahyaei *et al.*, "Occupational exposure and risk assessment of formaldehyde in the pathology departments of hospitals," *Asian Pacific J. Cancer Prev.*, vol. 21, no. 5, pp. 1303–1309, May 2020, Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7541887/>.
- [2] A. M. Cefali *et al.*, "Field Experience for Determination of Formaldehyde in Stack Emissions," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 19, 2022, doi: 10.3390/app121910150.
- [3] S. Nag *et al.*, "A simple nano cerium oxide modified graphite electrode for electrochemical detection of formaldehyde in mushroom," *IEEE Sens. J.*, vol. 21, no. 10, pp. 12019–12026, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3066113.
- [4] A. S. Ganie, S. Bano, S. Sultana, S. Sabir, and M. Z. Khan, "Ferrite Nanocomposite Based Electrochemical Sensor: Characterization, Voltammetric and Amperometric Studies for Electrocatalytic Detection of Formaldehyde in Aqueous Media," *Electroanalysis*, vol. 33, no. 1, pp. 233–248, 2021, doi: 10.1002/elan.202060179.
- [5] L. Setyaningrum, "Validation Of UV-VIS Spectrophotometry Method For Analysis Of Formalin Using Pararosaniline HCL On Blood Plasma Samples," *J. Kesehat. dr. Soebandi*, vol. 7, no. 1 SE-, Apr. 2019, doi: 10.36858/jkds.v7i1.146.
- [6] F. B. de Freitas Rezende, A. M. de Souza Santos Cheibub, A. D. Pereira Netto, and F. F. de C. Marques, "Determination of formaldehyde in bovine milk using a high sensitivity HPLC-UV method," *Microchem. J.*, vol. 134, pp. 383–389, 2017, doi: 10.1016/j.microc.2017.07.003.
- [7] E. B. Vaz, M. F. C. Santos, E. G. de Jesus, K. M. Vieira, V. M. Osório, and L. Menini, "Development of Methodology for Detection of Formaldehyde-DNPH in Milk Manager by Central Composite Rotational Design and GC/MS," *Res. Soc. Dev.*, vol. 11, no. 9, p. e16411931575, 2022, doi: 10.33448/rsd-v11i9.31575.
- [8] T. K. Sari, F. Takahashi, J. Jin, R. Zein, and E. Munaf, "Penentuan Elektrokimia Kromium (VI) dalam Air Sungai dengan Nanopartikel Emas – Grafena Nanokomposit yang Dimodifikasi Elektroda," vol. 34, no. Vi, pp. 155–160, 2018.
- [9] L. Fotouhi, M. Fatollahzadeh, and M. M. Heravi, "Electrochemical behavior and voltammetric determination of sulfaguanidine at a glassy carbon electrode modified with a multi-walled carbon nanotube," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 7, no. 5, pp. 3919–3928, 2012.
- [10] E. O. Nachaki, P. M. Ndingili, N. M. Naumih, and E. Masika, "Nickel-Palladium-Based Electrochemical Sensor for Quantitative Detection of Formaldehyde," *ChemistrySelect*, vol. 3, no. 2, pp. 384–392, 2018, doi: 10.1002/slct.201702019.
- [11] H. Xi *et al.*, "Electrochemical determination of formaldehyde via reduced AuNPs@PPy composites modified electrode," *Microchem. J.*, vol. 156, no. December 2019, p. 104846, 2020, doi: 10.1016/j.microc.2020.104846.
- [12] D. Trivedi, J. Crosse, J. Tanti, A. J. Cass, and K. E. Toghill, "The electrochemical determination of formaldehyde in aqueous media using nickel modified electrodes," *Sensors Actuators, B Chem.*, vol. 270, no. May, pp. 298–303, 2018, doi: 10.1016/j.snb.2018.05.035.
- [13] D. Demetriades, A. Economou, and A. Voulgaropoulos, "A study of pencil-lead bismuth-film electrodes for the determination of trace metals by anodic stripping voltammetry," *Anal. Chim. Acta*, vol. 519, no. 2, pp. 167–172, 2004, doi: 10.1016/j.aca.2004.05.008.
- [14] T. K. Sari *et al.*, "Eksakta," vol. 22, no. 02, pp. 145–153, 2021.
- [15] S. Shahrokhian, S. Ranjbar, and M. Ghalkhani, "Modification of the Electrode Surface by Ag Nanoparticles Decorated Nano Diamond-graphite for Voltammetric Determination of Cefprozime," *Electroanalysis*, vol. 28, no. 3, pp. 469–476, 2016, doi: 10.1002/elan.201500377.
- [16] H. Quan, S. U. Park, and J. Park, "Electrochemical oxidation of glucose on silver nanoparticle-modified composite electrodes," *Electrochim. Acta*, vol. 55, no. 7, pp. 2232–2237, 2010, doi: 10.1016/j.electacta.2009.11.074.
- [17] M. R. Majidi, A. Saadatirad, and E. Alipour, "Voltammetric Determination of Hemoglobin Using a Pencil Lead Electrode," *Electroanalysis*, vol. 23, no. 8, pp. 1984–1990, 2011, doi: 10.1002/elan.201100009.
- [18] W. Yantasee, Y. Lin, T. S. Zemanian, and G. E. Fryxell, "Voltammetric detection of lead(II) and mercury(II) using a carbon paste electrode modified with thiol self-assembled monolayer on mesoporous silica (SAMMS)," *Analyst*, vol. 128, no. 5, pp. 467–472, 2003, doi: 10.1039/b300467h.
- [19] A. Safavi, N. Maleki, and E. Farjami, "Electrodeposited silver nanoparticles on carbon ionic liquid electrode for electrocatalytic sensing of hydrogen peroxide," *Electroanalysis*, vol. 21, no. 13, pp. 1533–1538, 2009, doi: 10.1002/elan.200804577.
- [20] A. Dekanski, J. Stevanović, R. Stevanović, and V. M. Jovanović, "Glassy carbon electrodes: II. Modification by immersion in AgNO<sub>3</sub>," *Carbon N. Y.*, vol. 39, no. 8, pp. 1207–1216, 2001, doi: 10.1016/S0008-6223(00)00227-X.
- [21] M. Zamhari, M. A. Hidayah, G. P. Tunjungsari, and E. Sedyadi, "Electrochemical Detection of Pb(II) Using A Pencil Electrode with Square Wave Anodic Stripping Voltammetry Method," *EduChemia (Jurnal Kim. dan Pendidikan)*, vol. 7, no. 2, p. 150, 2022, doi: 10.30870/educhemia.v7i2.14756.
- [22] J. Zhang, L. Shangguan, and C. Dong, "Electrocatalytic oxidation of formaldehyde and formic acid at Pd nanoparticles modified glassy carbon electrode," *Micro Nano Lett.*, vol. 8, no. 10, pp. 704–708, 2013, doi: 10.1049/mnl.2013.0186.
- [23] Y. Yu, M. Jia, H. Tian, and J. Hu, "The fabrication of silver ion implantation-modified electrode and its application in electrocatalytic oxidation of formaldehyde," *J. Power Sources*, vol. 267, pp. 123–127, 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.05.035.
- [24] J. He, S. Xing, R. Qiu, Z. Song, and S. Zhang, "L-Cysteine/glycine composite film modified glassy carbon electrode as an enhanced sensing platform for catechol determination," *Anal. Methods*, vol. 6, no. 4, pp. 1210–1218, 2014, doi: 10.1039/c3ay41621f.
- [25] N. I. Marzuki, F. A. Bakar, A. B. Salleh, L. Y. Heng, N. A. Yusof, and S. Siddiquee, "Development of electrochemical biosensor for formaldehyde determination based on immobilized enzyme," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 7, no. 7, pp. 6070–6081, 2012, doi: 10.1016/s1452-3981(23)19462-4.