

**PENGEMBANGAN SENSOR FORMALDEHIDA
MENGUNAKAN *PENCIL LEAD ELECTRODE*
DIMODIFIKASI LAPISAN TIPIS PERAK
SECARA VOLTAMMETRI**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
sarjana sains*



**Oleh:
YUNISA ANUGRAH PUTRI
NIM. 19036105/2019**

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2023**

**PENGEMBANGAN SENSOR FORMALDEHIDA
MENGUNAKAN *PENCIL LEAD ELECTRODE*
DIMODIFIKASI LAPISAN TIPIS PERAK
SECARA VOLTAMMETRI**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
sarjana sains*



Oleh:

**YUNISA ANUGRAH PUTRI
NIM. 19036105/2019**

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2023**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan Sensor Formaldehida Menggunakan
Pencil Lead Electrode Dimodifikasi Lapisan Tipis Perak
Secara Voltametri
Nama : Yunisa Anugrah Putri
NIM : 19036105
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Mengetahui:

Kepala Departemen Kimia

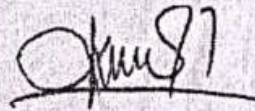


Budhi Oktavia S.Si. M.Si. Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Padang, 12 Oktober 2023

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



Trisna Kumala Sari, M.Si., Ph.D
NIP. 198701112019032009

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

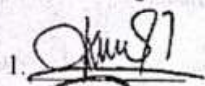

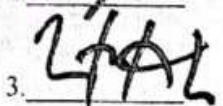
Nama : Yunisa Anugrah Putri
NIM : 19036105
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGEMBANGAN SENSOR FORMALDEHIDA MENGUNAKAN *PENCIL LEAD ELECTRODE* DIMODIFIKASI LAPISAN TIPIS PERAK SECARA VOLTAMMETRI

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 12 Oktober 2023

Tim Penguji:

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Trisna Kumala Sari, M.Si., Ph.D	1. 
2	Anggota	Budhi Oktavia, S.Si.,M.Si.,Ph.D	2. 
3	Anggota	Umar Kalmar Nizar, S.Si.,M.Si.,Ph.D	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Yunisa Anugrah Putri
NIM : 19036105
Tempat/Tanggal Lahir : Batam/11 Juni 2001
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Pengembangan Sensor Formaldehida Menggunakan
Pencil Lead Electrode Dimodifikasi Lapisan Tipis
Perak Secara Voltammetri

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima Sanksi Akademik berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 12 Oktober 2023
Yang Menyatakan



Yunisa Anugrah Putri
NIM. 19036105

ABSTRAK

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, technique voltammetry, and pH supporting electrolyte used in the measurement of formaldehyde. Silver thin layer was electrodeposited on the pencil lead electrode surface with potential-sweeping technique at scan of potential from 1 V to -1 V

The results showed that Ag/PLE provided better performance than PLE with 1 cycle electrodeposition scan and 0.1 M KOH pH 13 was the optimum supporting electrolyte. Measurement of formaldehyde using Ag/PLE electrodes with a concentration of 10 mM of test analyte with the oxidation peak of formaldehyde was present at potential 0.054 Volt. The relative standard deviation (RSD) value was 2.67% and the calibration curve for formaldehyde at silver thin layer modified pencil lead electrode shows linearity in range of 0,5 mM to 3 mM with a detection limit of 0,25 mM achieved.

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

ABSTRAK

Formaldehida dideteksi secara elektrokimia menggunakan elektroda pensil yang dimodifikasi dengan lapisan tipis perak (Ag/PLE). Modifikasi lapisan tipis perak dilakukan dengan elektrodeposisi menggunakan metode siklik voltametri. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon PLE dan Ag/PLE untuk penentuan formaldehida serta untuk mengetahui kondisi optimum *supporting electrolyte*, model teknik voltametri, dan pH *supporting electrolyte* yang digunakan dalam pengukuran formaldehida. Lapisan tipis perak dielektrodeposisikan pada permukaan elektroda pensil dengan teknik penyapuan potensial pada pemindaian potensial dari 1 V hingga -1 V

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Ag/PLE memberikan kinerja yang lebih baik daripada PLE dengan pemindaian elektrodeposisi 1 *cycle* dalam KOH 0,1 M pH 13 sebagai *supporting electrolyte* yang optimum. Pengukuran formaldehida menggunakan elektroda Ag/PLE dengan konsentrasi analit uji 10 mM diperoleh puncak oksidasi formaldehida pada potensial 0,054 Volt. Nilai standar deviasi relatif (RSD) adalah 2,67% dan kurva kalibrasi untuk formaldehida pada elektroda pensil dimodifikasi lapisan tipis perak menunjukkan linearitas dalam kisaran 0,5 mM sampai 3 mM dengan limit deteksi 0,25 mM.

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

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang paling indah selain puji dan rasa syukur kepada Allah SWT, yang telah menentukan segala sesuatu berada di tangan-Nya. Shalawat beserta Salam semoga terlimpahkan kepada Arwah junjungan alam, Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi panutan kita dalam menuntut ilmu di bumi Allah yang luas ini. Judul penelitian ini adalah **“Pengembangan Sensor Formaldehida menggunakan *Pencil Lead Electrode* dimodifikasi Lapisan Tipis Perak secara Voltammetri”**.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk melakukan ujian skripsi pada Program Studi Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, serta masukan dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Trisna Kumala Sari, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Penasehat Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D dan Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembahas Tugas Akhir.
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Kimia serta Kepala Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si selaku sekretaris Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Bapak dan Ibu tenaga pendidik serta seluruh staff akademik dan non akademik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, ketidaksempurnaan tersebut disebabkan oleh kemampuan, pengetahuan serta pengalaman penulis yang masih terbatas. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dari rekan-rekan dan bapak/ibu dosen pembahas bagi kemajuan dimasa yang akan datang.

Padang, 12 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Formaldehida	6
B. <i>Pencil Lead Electrode (PLE)</i>	8
C. Lapisan Tipis Perak	10
D. Metode Voltammetri	11
E. Instrumentasi	19
BAB III METODE PENELITIAN	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian	27
B. Objek Penelitian	27
C. Variabel Penelitian	27
D. Alat dan Bahan Penelitian	27
E. Prosedur Kerja	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35

A.	Preparasi <i>Pencil Lead Electrode</i> dimodifikasi dengan Lapisan Tipis Perak secara elektrodeposisi	35
B.	Respon elektrokimia antara elektroda PLE dan Ag/PLE menggunakan metode voltametri siklik.....	36
C.	Optimasi sensor Ag/PLE dalam penentuan formaldehida	40
D.	Pengukuran keberulangan menggunakan LSV	46
E.	Kurva Kalibrasi	47
F.	Analisa formaldehida pada sampel	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		49
A.	Kesimpulan.....	49
B.	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN.....		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kimia Formaldehida.....	6
Gambar 2. Kurva potensial-waktu dalam Voltammetri siklik	13
Gambar 3. Tipe Voltammogram siklik untuk proses redoks	14
Gambar 4. Bentuk gelombang potensial dan voltammogram dari DPV.....	16
Gambar 5. Bentuk Gelombang dari LSV	17
Gambar 6. Bentuk umum voltammogram LSV	18
Gambar 7. Bentuk Gelombang dan voltammogram dari SWV	18
Gambar 8. Potensiostat dengan sel elektrokimia dalam sistem tiga elektroda	20
Gambar 9. Representasi skema dari sel elektrokimia	22
Gambar 10. Susunan Pencil lead electrode	23
Gambar 11. Voltammogram siklik modifikasi PLE dalam larutan 5 mM AgNO ₃ dan 0,1 M KNO ₃ dengan scan rate 50 mV/s secara elektrodeposisi.....	35
Gambar 12. Voltammogram siklik PLE dan Ag/PLE dalam 2 mM [Fe(CN) ₆] ^{3/4-} dan 1 M KNO ₃ pada 50 mV/s	36
Gambar 13. Voltammogram siklik PLE dan Ag/PLE dalam 10 mM formaldehida dan 0,1 M KOH pada scan rate 50 mV/s	39
Gambar 14. Voltammogram siklik dari Ag/PLE dalam 10 mM Formaldehida dengan variasi cycle elektrodeposisi 1, 5, dan 10 cycles pada scan rate 50 mV/s	41
Gambar 15. Voltammogram siklik dari Ag/PLE dalam 10 mM Formaldehida dengan variasi supporting electrolyte (a) PBS pH 7, (b) HNO ₃ 0,1 M, dan (c) KOH 0,1 M pada scan rate 50 mV/s	42

Gambar 16. Voltammogram dari Ag/PLE dalam 5 mM Formaldehida dengan variasi model teknik voltametri (a) DPV, (b) SWV, dan (c) LSV pada scan rate 50 mV/s	43
Gambar 17. Voltammogram LSV dari Ag/PLE dalam 5 mM Formaldehida dengan variasi pH supporting electrolyte pada scan rate 50 mV/s	45
Gambar 18. Voltammogram LSV keberulangan dari Ag/PLE dalam 5 mM Formaldehida pada scan rate 50 mV/s	46
Gambar 19. (a) Kurva kalibrasi LSV dari Ag/PLE pada konsentrasi formaldehida yang berbeda dalam 0,1 M KOH (dari 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mM); (b) hubungan linier antara konsentrasi dan arus puncak	47
Gambar 20. Voltammogram LSV dari sampel tahu yang mengandung formaldehida	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Kimia formaldehida.....	7
Tabel 2. Penentuan suatu sampel secara elektrokimia menggunakan Pencil Lead Electrode (PLE).....	9

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Penelitian	58
Lampiran 2. Diagram Alir Penelitian.....	59
Lampiran 3. Dasar-Dasar Perhitungan	64
Lampiran 4. Skema Instrumentasi dan Preparasi Elektroda	68
Lampiran 5. Voltammogram Penelitian.....	69
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Formaldehida (CH_2O) digolongkan sebagai senyawa organik karbonil yang memiliki sifat mudah terbakar, tidak berwarna, bau menyengat, memiliki daya larut tinggi di dalam air dan reaktivitas yang tinggi (Elham Yahyaei et al., 2020). Formaldehida digunakan secara luas pada proses pengawetan, dan menjadi bahan yang populer di industri seperti bahan kimia, manufaktur, kosmetik, tekstil, serta produk sehari-hari seperti makanan, obat-obatan, dan furnitur. Penggunaan formaldehida yang meluas, dan sifat toksisitas serta volatilitas yang dimiliki, menyebabkan senyawa ini menimbulkan bahaya yang signifikan bagi kesehatan manusia (Cefali et al., 2022). Paparan formaldehida dalam tubuh akan menimbulkan gejala mual dan muntah serta menyebabkan beberapa penyakit berbahaya seperti rasa terbakar pada mata, hidung, kulit, dan kerusakan ginjal (Nag et al., 2021). 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 (Ganie et al., 2021). Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan metode analisa yang efektif, ekonomis, dan hasil yang akurat dalam pengukuran kandungan formaldehida dalam jumlah kecil.

Umumnya, metode yang digunakan dalam mendeteksi kandungan formaldehida adalah Spektrofotometri UV-VIS (Setyaningrum, 2019), *High Performance Liquid Chromatografi* (HPLC) (de Freitas Rezende et al., 2017), dan *Gas Chromatography* (GC) (Vaz et al., 2022). Namun penggunaan metode ini membutuhkan biaya instrumentasi yang besar, proses persiapan sampel yang rumit,

dan waktu analisis yang cukup lama. Atas dasar hal tersebut dibutuhkan metode yang efektif, cepat, akurat, dan biaya yang terjangkau dalam mendeteksi formaldehida. Sensor elektrokimia menjadi alternatif instrumen analisa yang menjanjikan karena manfaat yang diciptakan seperti sensitivitas dan selektivitas yang baik, serta instrumentasi dengan biaya terjangkau (Sari et al., 2018).

Metode elektrokimia merupakan 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 (Fotouhi et al., 2012). Metode elektrokimia dengan teknik voltametri untuk penentuan formaldehida telah dipelajari sebelumnya (Nachaki et al., 2018) menyelidiki kandungan formaldehida dalam air dengan metode Voltametri Siklik menggunakan Elektroda Ni-Pd/GC, hasil penelitian menunjukkan limit deteksi Formaldehida diperkirakan $5,4 \mu\text{M}$.

Elektroda pensil adalah jenis bahan berbasis karbon yang murah dan dapat digunakan sebagai elektroda sekali pakai (Navratil et al., 2016). Pensil grafit 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 (Demetriades et al., 2004). Pada umumnya PLE dimodifikasi dengan suatu material untuk meningkatkan sifat elektrokatalitik. Material yang digunakan dapat berupa polimer, biomolekul, lapisan logam dan bahan nanomaterial untuk meningkatkan sensitivitas dari *pencil lead electrode* (Navratil et al., 2016). Salah satu material yang menarik digunakan dalam modifikasi *pencil lead electrode* yaitu menggunakan *silver thin layer* atau lapisan tipis perak.

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 (Shahrokhian et al., 2016). Telah dilaporkan oleh (Yu et al., 2014) pada penelitiannya mengenai modifikasi elektroda menggunakan nanopartikel perak dalam penentuan elektrokimia formaldehida, hasil penelitian menunjukkan elektroda yang dimodifikasi menunjukkan aktivitas elektrokatalitik yang menjanjikan terhadap oksidasi formaldehida dengan stabilitas jangka panjang.

Berdasarkan permasalahan diatas, untuk pertama kalinya dilakukan penelitian mengenai penentuan formaldehida menggunakan *pencil lead electrode* dimodifikasi dengan lapisan tipis perak. Formaldehida akan dideteksi menggunakan *pencil lead electrode* yang dimodifikasi dengan lapisan tipis perak dengan metode elektrodeposisi. Sifat elektrokimia dari elektroda modifikasi dalam penentuan formaldehida telah diuji menggunakan metode voltametri.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Paparan formaldehida pada tingkat yang sangat rendah didalam tubuh dapat menimbulkan risiko kesehatan utama.
2. Dibutuhkan metode sensitif, akurat, dan biaya terjangkau dalam identifikasi formaldehida pada level yang rendah.
3. *Pencil lead electrode* modifikasi lapisan tipis perak merupakan material yang baik dalam mempersiapkan elektroda modifikasi untuk sensor kimia.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan paparan di atas, maka terdapat batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan formaldehida diuji menggunakan *pencil lead electrode* non-modifikasi dan elektroda modifikasi Ag/PLE secara voltametri.
2. Pengembangan sensor formaldehida dipelajari dengan variasi *cycle* elektrodeposisi, *supporting electrolyte*, model teknik voltametri, dan pH *supporting electrolyte*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan di atas, maka dapat dituliskan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana respon *pencil lead electrode* non modifikasi dan *pencil lead electrode* modifikasi Lapisan Tipis Perak terhadap hasil penentuan formaldehida dengan metode voltametri?
2. Bagaimana pengaruh variasi *cycle* elektrodeposisi, *supporting electrolyte*, model teknik voltametri, dan pH *supporting electrolyte* terhadap kondisi optimum sensor kimia menggunakan elektroda modifikasi Ag/PLE dalam penentuan formaldehida?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan sensor formaldehida menggunakan elektroda modifikasi Ag/PLE dengan metode voltametri
2. Menentukan kondisi optimum dalam penentuan formaldehida menggunakan elektroda modifikasi Ag/PLE dengan melihat pengaruh

variasi *cycle* elektrodeposisi, *supporting electrolyte*, model teknik voltametri, dan pH *supporting electrolyte*.

F. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang penentuan formaldehida menggunakan elektroda modifikasi Ag/PLE dengan metode voltametri.
2. Memberikan informasi mengenai kondisi optimum dalam penentuan formaldehida menggunakan elektroda modifikasi Ag/PLE dengan melihat pengaruh variasi *cycle* elektrodeposisi, *supporting electrolyte*, model teknik voltametri, dan pH *supporting electrolyte*.