

KARAKTERISASI ELEKTRODE PASTA KARBON (EPK) TERMODIFIKASI MAGNETIT (Fe_3O_4) UNTUK DETEKSI ION TIMBAL(II) METODE VOLTAMETRI SIKLIK

SEKAR RAHADIFA CITRA YUSIFA



PROGRAM STUDI ANALISIS KIMIA
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN PROYEK AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan proyek akhir dengan judul "Karakterisasi Elektrode Pasta Karbon (EPK) Termodifikasi Magnetit (Fe_3O_4) untuk Deteksi Ion Timbal(II) Metode Voltametri Siklik" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Sekar Rahadifa Citra Yusifa
J0412221003



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

SEKAR RAHADIFA CITRA YUSIFA. Dibimbing oleh DEDEN SAPRUDIN Dan MOHAMMAD KHOTIB.

Ion timbal(II) merupakan logam berat toksik yang memerlukan metode analisis yang sensitif, cepat, dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi Elektrode pasta karbon (EPK) termodifikasi magnetit (Fe_3O_4) untuk Pb(II) menggunakan voltametri siklik. Magnetit (Fe_3O_4) disintesis secara hidrotermal dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Kinerja Elektrode dievaluasi melalui karakterisasi elektrokimia, optimasi komposisi Fe_3O_4 , pengaruh laju pindai, serta validasi metode yang meliputi linearitas, limit deteksi (LOD), limit kuantifikasi (LOQ), keterulangan, dan stabilitas. Hasil XRD mengonfirmasi terbentuknya fase kristal Fe_3O_4 dengan ukuran kristalit 14,31 nm. EPK termodifikasi Fe_3O_4 dengan komposisi optimum 1 mg menunjukkan respons elektrokimia yang lebih baik dibandingkan EPK tanpa modifikasi. Kurva kalibrasi menunjukkan hubungan linier ($R^2 = 0,9799$), dengan LOD 0,9890 mM dan LOQ 2,997 mM. EPK termodifikasi Fe_3O_4 berpotensi sebagai sensor elektrokimia sederhana, sensitif, dan berbiaya rendah untuk analisis Pb(II).

Kata kunci: elektrode pasta karbon, ion timbal(ii), magnetit, voltametri siklik.

ABSTRACT

SEKAR RAHADIFA CITRA YUSIFA. Characterization of a Magnetite (Fe_3O_4) Modified Carbon Paste Electrode for Lead(II) Ion Detection Using Cyclic Voltammetry. Supervised by DEDEN SAPRUDIN and MOHAMMAD KHOTIB.

Lead(II) ion is a toxic heavy metal that requires a sensitive, rapid, and cost-effective analytical method. This study aimed to characterize a magnetite (Fe_3O_4)-modified carbon paste electrode (CPE) for Pb(II) detection using cyclic voltammetry. Magnetite (Fe_3O_4) was synthesized by the hydrothermal method and characterized using X-ray Diffraction (XRD). The electrode performance was evaluated through electrochemical characterization, optimization of Fe_3O_4 composition, scan rate investigation, and method validation, including linearity, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), repeatability, and stability. XRD analysis confirmed the formation of crystalline Fe_3O_4 with a crystallite size of 14.31 nm. The Fe_3O_4 -modified carbon paste electrode with an optimum composition of 1 mg exhibited better electrochemical performance than the unmodified electrode. The calibration curve showed good linearity ($R^2 = 0,9799$), with an LOD of 0.9890 mM and an LOQ of 2.997 mM. The Fe_3O_4 -modified carbon paste electrode demonstrates potential as a simple, sensitive, and low-cost electrochemical sensor for Pb(II) analysis.

Keywords: carbon paste electrode, cyclic voltammetry, lead(ii), magnetite.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



KARAKTERISASI ELEKTRODE PASTA KARBON (EPK) TERMODIFIKASI MAGNETIT (Fe₃O₄) UNTUK DETEKSI IONTIMBAL(II) METODE VOLTAMETRI SIKLIK

SEKAR RAHADIFA CITRA YUSIFA

Laporan Proyek Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Analisis Kimia

**PROGRAM STUDI ANALISIS KIMIA
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Proyek Akhir : Karakterisasi Elektrode Pasta Karbon (EPK) Termodifikasi Magnetit (Fe_3O_4) untuk Deteksi Ion Timbal(II) Metode Voltametri Siklik

Nama : Sekar Rahadifa Citra Yusifa
NIM : J0412221003

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Deden Saprudin, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Mohammad Khotib, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Farida Laila, S. Si, M. Si.
NIP. 197611032014092002

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP. 196607171992031003

Tanggal Ujian: 8 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2026 sampai bulan Juli 2026 dengan judul “Karakterisasi Elektrode Pasta Karbon (EPK) Termodifikasi Magnetit (Fe_3O_4) untuk Deteksi Ion Timbal(II) Metode Voltametri Siklik”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Pembimbing 1 Dr. Deden Saprudin, S.Si., M.Si. dan Pembimbing 2 Dr. Mohammad Khotib, S.Si., M.Si atas bimbingan, arahan, kesabaran, serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama proses penyusunan ini. Masukan dan dukungan yang diberikan sangat berarti dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian dan penulisan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Program Studi Analisis Kimia Dr. Farida Laila, S. Si, M. Si. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Laboratorium Terpadu Institut Pertanian Bogor dan Laboratorium Analitik Departemen Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor beserta staf Laboratorium dan yang telah membantu selama pengumpulan data.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada papa tercinta, terima kasih atas doa yang tidak pernah putus, kerja keras yang tak selalu terlihat, serta keteguhan hati dalam menjadi sandaran dan panutan bagi penulis. Papa selalu mengajarkan arti tanggung jawab, kejujuran, dan keteguhan dalam menghadapi kehidupan. Setiap nasihat, pengorbanan, dan dukungan yang papa berikan menjadi kekuatan besar bagi penulis untuk terus melangkah dan menyelesaikan studi ini dengan sebaik-baiknya. Terimakasih juga untuk mama, terima kasih atas kasih sayang yang tulus, doa yang selalu mengiringi setiap langkah penulis, serta kesabaran dan pengorbanan yang tak terhitung jumlahnya. Mama adalah sumber kekuatan, ketenangan, dan semangat bagi penulis dalam menghadapi berbagai proses kehidupan. cinta, perhatian, dan dukungan Mama menjadi alasan utama penulis mampu bertahan dan menyelesaikan pendidikan hingga tahap ini.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Miranda Mahroza dan Taufik Ismail selaku rekan penelitian atas kerja sama dan dukungan yang selama pelaksanaan penelitian. Terimakasih penulis ucapkan kepada Analisis Kimia Angkatan 59 terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh masa perkuliahan. Kebersamaan dalam suka dan duka, proses belajar, serta saling menguatkan satu sama lain menjadi bagian berharga yang tidak terlupakan. Semoga segala kenangan dan perjuangan yang telah dilalui bersama menjadi bekal berharga dalam melangkah ke tahap kehidupan selanjutnya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Sekar Rahadifa Citra Yusifa



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR PERSAMAAN	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
1.6 Hipotesis	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Logam Berat	3
2.2 Timbal	3
2.3 Metode Deteksi Timbal	4
2.4 Elektrode Pasta Karbon	5
2.5 Magnetit Fe ₃ O ₄	5
III METODE	7
3.1 Lokasi dan Waktu PL	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.4 Analisis Data	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Sintesis Magnetit	11
4.2 Optimasi Elektrokimia EPK dengan Grafit dan Variasi Grafit/Fe ₃ O ₄	13
4.3 Evaluasi Kinerja Analitik EPK	19
V SIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	38



DAFTAR TABEL

4.1 Hasil karakterisasi elektrokimia EPK dan EPK termodifikasi Fe_3O_4 dengan larutan $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 5 mM	14
4.2 Hasil pengaruh variasi Komposisi	16
4.3 Evaluasi pengaruh laju pindai	19
4.4 Uji keterulangan	23

DAFTAR GAMBAR

2.1 Elektrode Pasta Karbon (EPK)	5
3.1 Diagram Alir Penelitian	8
4.1 (A) Hasil sintesis magnetit (B) Uji sederhana magnetit yang ditarik oleh batang magnet.	11
4.2 Difragtogram XRD magnetit (Fe_3O_4)	12
4.3 Voltamogram karakterisasi elektrode dalam $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 5Mm dalam KCl 0,1 M	14
4.4 Voltamogram Optimasi Variasi EPK Fe_3O_4 1;5;10 mg Pb 5 Mm dalam KCl 0,1 M dalam Buffer asetat pH 4	16
4.5 (A). Voltamogram laju pindai EPK non-modifikasi dalam larutan $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0,1 M dalam KCl 0,1 M. (B). Kurva EPK non-modifikasi ($I_{\mu\text{A}}$) vs laju pindai (V/s). (C). Voltamogram laju pindai EPK/grafit- Fe_3O_4 1 mg dalam larutan $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0,1 M dalam KCl 0,1 M (D). Kurva EPK/grafit- Fe_3O_4 1mg ($I_{\mu\text{A}}$) vs laju pindai (V/s).	18
4.6 Linieritas Fe_3O_4 1 mg Pb dalam KCl 0,1 Buffer asetat Ph 4	20
4.7 Kurva lineritas (A) I_{pa} (Peak Anodic Current) (B) I_{pc} (Peak Cathodic Current)	21
4.8 Diagram batang uji keterulangan	22
4.9 Diagram batang uji stabilitas	24

DAFTAR PERSAMAAN

1. Persamaan Randles–Ševčík	9
2. Reaksi ionisasi $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ di katoda	13
3. Reaksi reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} oleh elektron di anoda	13
4. Reaksi oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} oleh H^+	13
5. Reaksi reduksi Pb^{2+} menjadi Pb	20
6. Reaksi oksidasi Pb menjadi Pb^{2+}	20



DAFTAR LAMPIRAN

1. Ukuran kristal (Debye-Scherrer)	31
2. Presentasi kristalinitas	32
3. Luas Permukaan (Randles–Ševčík)	33
4. Perhitungan LOD dan LOQ	34
5. Voltamogram uji keterulangan	35
6. Voltamogram uji stabilitas	36
7. Perhitungan Retensi arus	37

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.