

PEMBUATAN SCREEN-PRINTED CARBON ELECTRODE UNTUK DETEKSI PESTISIDA KARBARIL

KLARA ESTRIANNISA



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pembuatan *Screen-Printed Carbon Electrode* untuk Deteksi Pestisida Karbaril” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Klara Estriannisa
G4401211008

- 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

KLARA ESTRIANNISA. Pembuatan *Screen-Printed Carbon Electrode* untuk Deteksi Pestisida Karbaril. Dibimbing oleh DEDED SAPRUDIN dan WULAN TRI WAHYUNI.

Penggunaan pestisida karbaril secara berlebihan pada produk pertanian dapat meninggalkan residu pestisida yang membahayakan kesehatan manusia. Pada penelitian ini, *screen-printed carbon electrode* (SPCE) difabrikasi untuk mendeteksi pestisida karbaril dengan menggunakan campuran grafit sebagai bahan konduktif, resin alkid sebagai bahan pengikat, dan aseton sebagai pelarut, dengan substrat berbasis polivinil klorida (PVC) menggunakan teknik voltametri. Permukaan elektrode dikarakterisasi menggunakan analisis morfologi dengan SEM-EDS dan mengukur sudut kontak. Kinerja sensor dalam analisis karbaril dievaluasi berdasarkan parameter linearitas, batas deteksi (LOD), batas kuantitasi (LOQ), presisi, selektivitas, dan sensitivitas. Sensor menunjukkan respons linear terhadap karbaril pada rentang 2–60 μM dengan batas deteksi 0,5 μM dan batas kuantitasi 1,2 μM . SPCE hasil fabrikasi memiliki ketertiruan yang baik dengan nilai %RSD 4,30%, selektivitas yang tinggi terhadap senyawa pengganggu dengan %RSD 4,92%, serta sensitivitas 0,1209 $\mu\text{A } \mu\text{M}^{-1}$. Namun, sensor ini menunjukkan kestabilan rendah untuk penggunaan berulang, dengan %RSD > 5%.

Kata kunci: fabrikasi SPCE, karbaril, sensor elektrokimia.

ABSTRACT

KLARA ESTRIANNISA. Fabrication of Screen-Printed Carbon Electrode for Carbaryl Pesticide Detection. Supervised by DEDED SAPRUDIN and WULAN TRI WAHYUNI.

Excessive use of carbaryl insecticides in agricultural products may result in pesticide residues that jeopardize human health. In this study, a screen-printed carbon electrode (SPCE) was fabricated for the detection of carbaryl pesticide utilizing a mixture of graphite as conductive material, alkyd resin as binder, and acetone as solvent, with a polyvinyl chloride (PVC)-based substrate using a voltammetric approach. The electrode surface was characterized using morphological analysis with SEM-EDS and contact angle measurement. Sensor performance in carbaryl analysis was evaluated using factors such as linearity, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ), precision, selectivity, and sensitivity. The sensor responded linearly to carbaryl in the concentration range of 2–60 μM , with a detection limit of 0.5 μM and a quantification limit of 1.2 μM . The SPCE exhibits good repeatability (4.30% RSD), great selectivity against interfering chemicals (4.92% RSD), and sensitivity (0.1209 $\mu\text{A } \mu\text{M}^{-1}$). However, the sensor demonstrated low stability over repeated usage, with %RSD exceeding 5%.

Keywords: carbaryl, electrochemical sensor, SPCE fabrication.

- 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 2025
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.

PEMBUATAN SCREEN-PRINTED CARBON ELECTRODE UNTUK DETEKSI PESTISIDA KARBARIL

KLARA ESTRIANNISA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Sarjana Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



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.

Tim Penguji pada Sidang Skripsi:

1. Drs. Muhammad Farid, M.Si.
2. Sri Sugiarti, S.Si., Ph.D.
3. Dr. Dra. Sri Mulijani, M.Si.

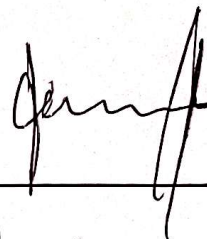
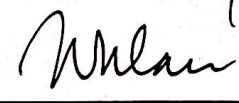


Judul Skripsi : Pembuatan *Screen-Printed Carbon Electrode* untuk Deteksi
Pestisida Karbaril
Nama : Klara Estriannisa
NIM : G4401211008

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Dr. Wulan Tri Wahyuni, S.Si., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Kimia:
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini P, M.Sc.Agr.
NIP. 196707301991032001



Tanggal Ujian: 16 Juli 2025

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 Januari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah deteksi residu pestisida menggunakan sensor elektrokimia, dengan judul “Pembuatan *Screen-Printed Carbon Electrode* untuk Deteksi Pestisida Karbaril”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Bapak Dr. Deden Saprudin, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. Wulan Tri Wahyuni, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Kosasih dan Kak Ulfi yang telah membantu fasilitas dan pengumpulan data selama penelitian berlangsung. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga, terutama Ibunda dan Ayahanda tercinta yaitu Ibu Ees Sukaesih (Alm) dan Bapak Suwarna Sumantri Alfieh (Alm). Meski kini keduanya telah berpulang ke rahmatullah, kasih sayang, doa, dan nilai-nilai kehidupan yang ditanamkan tetap menjadi cahaya penuntun dalam setiap langkah penulis. Semoga setiap kebaikan dan kerja keras yang tertuang dalam karya ini menjadi amal jariyah yang mengalirkan pahala. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada kedua kakak tercinta, Zilvy Estrisari dan Estrianda Dio Gumelar, atas segala dukungan, doa, dan semangat yang senantiasa menguatkan hingga penulis dapat mencapai tahap ini. Kehadiran dan perhatian mereka menjadi salah satu sumber kekuatan yang berarti dalam perjalanan ini.

Ucapan terima kasih yang tak kalah dalamnya penulis sampaikan kepada Makcik, Ate, serta saudara tercinta Hafidzha Daffa Amanda, Salwa Mayla Amijaya, dan Kayzha Ufaira Jabsy. Kehadiran mereka sebagai penyemangat yang setia mendukung, mendoakan, dan memberikan perhatian di saat penulis menghadapi kesulitan maupun kebahagiaan. Perhatian tulus dan motivasi yang diberikan telah menjadi penguat dalam menjalani setiap proses hingga karya ini terselesaikan. Kepada sahabat terdekat selama masa kuliah, yaitu Yusuf, Aca, Kirana, Kurnia, dan Ilham, penulis berterima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungan yang begitu berarti, baik dalam suka maupun duka. Tak lupa, penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan yang turut membantu dalam proses penelitian, yaitu Kevin, Muttie, Kak Adilla, Kak Afra, Izza, dan Alifa, atas kerja sama, waktu, dan tenaga yang telah dicurahkan demi kelancaran penelitian ini. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri, atas keberanian untuk terus melangkah, kesabaran dalam menghadapi setiap tantangan, dan keteguhan hati untuk tidak menyerah sepanjang proses penelitian dan penulisan ini. Perjalanan yang dilalui tidak selalu mudah, namun keyakinan dan usaha yang terus dijaga menjadi bukti bahwa setiap langkah, sekecil apa pun, membawa penulis sampai pada tahap ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Klara Estriannisa

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@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.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
III HASIL DAN PEMBAHASAN	5
3.1 Desain <i>Screen-Printed Carbon Electrode</i> (SPCE)	5
3.2 Parameter Penentu Kualitas SPCE Hasil Fabrikasi	6
3.3 Karakteristik Permukaan Elektrode	7
3.4 Sudut Kontak SPCE Hasil Fabrikasi	8
3.5 Kinerja Elektrokimia SPCE Hasil Fabrikasi	9
3.6 Kinerja Analitik SPCE Hasil Fabrikasi	11
IV SIMPULAN DAN SARAN	15
4.1 Simpulan	15
4.2 Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN	19
RIWAYAT HIDUP	23



DAFTAR GAMBAR

3.1	Desain stiker SPCE	5
3.2	Voltammogram pulsa diferensial pengukuran 200 μM karbaril dalam buffer fosfat pH 4 pada tiga komposisi tinta elektrode dan SPCE komersial pada kecepatan payar 50 mV/s	7
3.3	(a) Citra SEM elektrode kerja grafit pada perbesaran 1,000x dan 5,000x, (b) elektrode pembanding Ag/AgCl pada perbesaran 1,000x dan 5,000x, (c) Spektrum EDS elektrode kerja SPCE	8
3.4	Sudut kontak permukaan SPCE hasil fabrikasi	9
3.5	Voltamogram siklik yang diperoleh dari pengukuran 5 mM $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ dalam 0,1 M KCl menggunakan SPCE hasil fabrikasi dengan komposisi tinta 1:1 pada kecepatan payar 20 hingga 60 mV/s	10
3.6	Plot Nyquist (frekuensi 0,1–100.000 Hz, $E_{ac} = 10 \text{ mV}$) pengukuran 5 mM $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ dalam 0,1 M KCl menggunakan SPCE fabrikasi dan SPCE komersial	11
3.7	Voltammogram pulsa diferensial hasil pengukuran karbaril pada rentang konsentrasi 2–100 μM dalam 0,1 M buffer fosfat pH 4 menggunakan SPCE hasil fabrikasi dengan komposisi tinta 1:1	11
3.8	Respon pengukuran karbaril 200 μM dalam 0,1 M buffer fosfat pH menggunakan 6 SPCE hasil fabrikasi berbeda	12
3.9	Stabilitas pengukuran 200 μM karbaril dalam 0,1 M buffer fosfat pH 4 menggunakan individu SPCE yang sama pada hari yang sama dengan 3 kali ulangan pengukuran	13
3.10	Selektivitas SPCE terhadap senyawa interferens: NaNO_3 , diazinon, aseptat, urea, hidrazin, dan NaNO_2	14

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bagan Alir Penelitian	20
2	Mekanisme reaksi hidrolisis karbaril	21
3	Ketertiruan pengukuran karbaril 200 μM dalam 0,1 M buffer fosfat pH 4 menggunakan individu SPCE berbeda	21
4	Stabilitas pengukuran karbaril 200 μM dalam 0,1 M buffer fosfat pH 4 menggunakan individu SPCE yang sama pada hari yang sama dengan tiga kali ulangan pengukuran	22
5	Selektivitas SPCE terhadap senyawa interferens	22