

SENSOR ELEKTROKIMIA BERBASIS NANOMATERIAL KARBON DAN OKSIDA LOGAM UNTUK DETEKSI SIMULTAN HIDROKUIKINON DAN RESORSINOL DALAM SERUM WAJAH

TESYA MARSELLA



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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Perpustakaan 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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Sensor Elektrokimia Berbasis Nanomaterial Karbon dan Oksida Logam untuk Deteksi Simultan Hidrokuinon dan Resorsinol dalam Serum Wajah” 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, Juni 2025

Tesya Marsella
G4401211037



ABSTRAK

TESYA MARSELLA. Sensor Elektrokimia Berbasis Nanomaterial Karbon dan Oksida Logam untuk Deteksi Simultan Hidrokuinon dan Resorsinol dalam Serum Wajah. Dibimbing oleh WULAN TRI WAHYUNI dan BUDI RIZA PUTRA.

Hidrokuinon (HQ) dan resorsinol (RS) merupakan senyawa berbahaya yang sering ditemukan dalam produk kosmetik sehingga diperlukan metode analisis yang efektif untuk deteksi kedua senyawa secara simultan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sensor elektrokimia berbasis *glassy carbon electrode* (GCE) yang dimodifikasi dengan komposit *multi-walled carbon nanotubes* (MWCNTs) dan titanium dioksida (TiO_2). Elektrode termodifikasi menunjukkan peningkatan luas permukaan dan konduktivitas, dengan respons linier terhadap HQ dan RS pada rentang konsentrasi 0,1–1000 μM ($R^2 > 0,99$). Limit deteksi adalah 0,01 μM untuk HQ dan 0,2 μM untuk RS. Sensor menunjukkan ketertiruan dan stabilitas yang baik (%RSD < 5%) serta mampu membedakan HQ dan RS secara efektif dalam senyawa pengganggu. Aplikasi pada sampel serum wajah menunjukkan tingkat perolehan kembali HQ dan RS yang memuaskan, membuktikan potensi sensor ini dalam monitoring keamanan produk kosmetik. Sensor yang dikembangkan menawarkan metode yang efektif, cepat, dan sensitif untuk deteksi simultan HQ dan RS.

Kata kunci: hidrokuinon, MWCNT/ TiO_2 , resorsinol, sensor elektrokimia, voltametri pulsa diferensial

ABSTRACT

TESYA MARSELLA. Electrochemical Sensor Based on Carbon Nanomaterials and Metal Oxide for Simultaneous Detection of Hydroquinone and Resorcinol in Facial Serum. WULAN TRI WAHYUNI and BUDI RIZA PUTRA.

Hydroquinone (HQ) and resorcinol (RS) are hazardous compounds frequently found in cosmetic goods, necessitating an effective analytical method for their simultaneous detection. This study aims to develop an electrochemical sensor based on a glassy carbon electrode (GCE) modified with a composite of multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) and titanium dioxide (TiO_2). The modified electrode had a larger surface area and better conductivity, showing a clear response to HQ and RS when their concentrations were between 0.1 and 1000 μM ($R^2 > 0.99$). The limits of detection were 0.01 μM for HQ and 0.2 μM for RS. The sensor demonstrated good reproducibility and stability (%RSD < 5%) and was capable of effectively distinguishing HQ and RS in the presence of interfering substances. Application to facial serum samples showed satisfactory recovery rates for both HQ and RS, confirming the potential of this sensor for monitoring the safety of cosmetic products. The developed sensor offers an effective, rapid, and sensitive method for the simultaneous detection of HQ and RS.

Keywords: electrochemical sensors, differential pulse voltammetry, hydroquinone, MWCNT/ TiO_2 , resorcinol



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025¹
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.

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.

SENSOR ELEKTROKIMIA BERBASIS NANOMATERIAL KARBON DAN OKSIDA LOGAM UNTUK DETEKSI SIMULTAN HIDROKUIKINON DAN RESORSINOL DALAM SERUM WAJAH

TESYA MARSELLA

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

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

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Dra. Purwantiningsih Sugita, MS
2. Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini Pradono, MScAgr
3. Dr. Dra. Charlena, M.Si

Judul Skripsi : Sensor Elektrokimia Berbasis Nanomaterial Karbon dan Oksida Logam untuk Deteksi Simultan Hidrokuinon dan Resorsinol dalam Serum Wajah

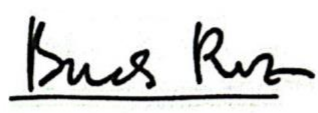
Nama : Tesya Marsella
NIM : G4401211037

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Wulan Tri Wahyuni, S.Si., M.Si



Pembimbing 2:
Budi Riza Putra, S.Si., M.Si., P.hD.



Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian:

Tanggal Lulus:

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 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 Mei 2025 ini ialah Sensor Elektrokimia Berbasis Nanomaterial Karbon dan Oksida Logam untuk Deteksi Simultan Hidrokuinon dan Resorsinol dalam Serum Wajah.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pembimbing, Dr. Wulan Tri Wahyuni, S.Si., M.Si. dan Budi Riza Putra, S.Si., M.Si., Ph.D., atas bimbingan dan berbagai masukan yang sangat berharga selama proses penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Munawar Khalil, S.Si., M.Eng.Sc., Ph.D. dari Departemen Kimia FMIPA UI atas kebaikan beliau dalam menyediakan material TiO₂ anatase faset (001) yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, penulis menghargai bantuan dan dukungan dari Ibu Nunung Nurhayati, Bapak Kosasih, serta rekan-rekan Ulfiatun Nisa, S.Si., M.Si., Adilla Chairunissa, S.Si., dan Nadira Nurul Izza selama proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada ayah, ibu, dan seluruh keluarga atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang terus menguatkan.

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

Bogor, Juni 2025

Tesy Marsella

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.



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 TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
III HASIL DAN PEMBAHASAN	8
3.1 TiO ₂ Anatase Hasil Sintesis	8
3.2 Karakteristik Permukaan Komposit MWCNTs/TiO ₂	8
3.2 Kinerja Elektrokimia MWCNTs/TiO ₂ /GCE	13
3.3 Kinerja Analitik MWCNTs/TiO ₂ /GCE	21
3.4 Analisis Sampel Serum Wajah	29
IV SIMPULAN DAN SARAN	32
4.1 Simpulan	32
4.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	40
RIWAYAT HIDUP	44

DAFTAR TABEL

3.1	Perbandingan performa sensor simultan hidrokuinon dan resorsinol yang diusulkan dengan sensor lain	25
3.2	Nilai perolehan kembali hidrokuinon pada analisis sampel nyata dengan teknik elektrokimia	31
3.3	Nilai perolehan kembali resorsinol pada analisis sampel nyata dengan teknik elektrokimia	31

DAFTAR GAMBAR

3.1	Spektrum Raman	9
3.2	Difraktogram	10
3.3	a) Citra SEM TiO ₂ , perbesaran 200.000×; b) Pemetaan unsur pada TiO ₂ ; c) Citra SEM MWCNTs, perbesaran 100.000×; d) Citra SEM MWCNTs/TiO ₂ , perbesaran 200.000×; e) Pemetaan unsur pada MWCNTs/TiO ₂ .	12
3.4	a) Citra HR TEM TiO ₂ ; b) Pola SAED TiO ₂ ; c) Citra HR TEM MWCNTs; d) Pola SAED MWCNTs; e) Citra HR TEM MWCNTs/TiO ₂ ; f) Pola SAED MWCNTs/TiO ₂ .	13
3.5	a) Voltammogram 100 μM hidrokuinon dan 200 μM resorsinol pada elektrode berbeda; b) Diagram batang optimasi komposisi MWCNTs/TiO ₂ pada pengukuran 100 μM hidrokuinon dan 200 μM resorsinol dalam 0,1 M bufer fosfat pH 7,0 pada kecepatan pindai 50 mV/s.	14
3.6	Reaksi oksidasi	15
3.7	a) Voltammogram 100 μM hidrokuinon dan 200 μM resorsinol dalam bufer fosfat 0,1 M dengan pH beragam; b) Hubungan pH buffer fosfat 0,1 M terhadap arus oksidasi 100 μM hidrokuinon dan 200 μM resorsinol.	15
3.8	Dugaan mekanisme interaksi hidrokuinon dan resorsinol dengan material konduktif pada permukaan elektrode	16
3.9	Voltammogram siklik 1 mM K ₃ [Fe(CN) ₆] dan grafik arus vs kecepatan pindai ^{1/2} pada elektrode. a) GCE, b) GCE/MWCNTs, dan c) GCE/MWCNTs/TiO ₂ .	18
3.10	Plot Nyquist diukur pada rentang frekuensi dari diperoleh dari 1×10 ⁵ Hz dan E _{ac} = 10 mV, potensial rangkaian terbuka untuk GCE, GCE/MWCNTs, dan GCE/MWCNTs/TiO ₂ dalam 1 mM K ₃ [Fe(CN) ₆] dalam 0,1 M KCl.	17
3.11	a) Voltammogram siklik 100 μM hidrokuinon dalam 0,1 M bufer fosfat pH 7 pada berbagai laju pemindaian; b) Hubungan variasi log dari laju pemindaian dengan potensial puncak oksidasi (E _{pa}) dan reduksi (E _{pc}); c) Voltammogram siklik 200 μM resorsinol dalam 0,1 M bufer fosfat pH	

7 pada berbagai laju pemindaian; d) Hubungan variasi log dari laju pemindaian dengan potensial puncak oksidasi (E_p).	20
3.12 Respon amperometri	21
3.13 Voltammogram	23
3.14 Grafik persamaan linear	24
3.15 Ketertiruan pengukuran 100 μM HQ dan 200 μM RS dalam 0.1 M bufer fosfat pH 7 pada kecepatan pindai 50 mV/s dengan individu elektrode GCE/MWCNTs/TiO ₂ berbeda	27
3.16 Stabilitas pengukuran 100 μM HQ dan 200 μM RS dalam 0.1 M bufer fosfat pH 7 pada kecepatan pindai 50 mV/s dengan satu individu elektrode GCE/MWCNTs/TiO ₂ selama 5 hari berturut-turut	27
3.17 Selektivitas pengukuran	29
3.18 Voltammogram pulsa differensial	30

DAFTAR LAMPIRAN

1 Diagram alir penelitian	41
2 Pengukuran blanko buffer fosfat pH 7	42
3 Persamaan regresi linear Hidrokuinon dan Resorsinol	42
4 Konsentrasi hidrokuinon dalam sampel pemutih wajah merek A dengan DPV pada modifikasi GCE/MWCNTs/TiO ₂	43