

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$
UNTUK APLIKASI ELEKTRO OKSIDASI METANOL**

SKRIPSI

**Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Bidang Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Oleh:

ANNISA ZAHARANTI

08031382025072

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$
UNTUK APLIKASI ELEKTRO OKSIDASI METANOL**

SKRIPSI

**Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Bidang Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Oleh:

ANNISA ZAHARANTI

08031382025072

Indralaya, 09 Januari 2025

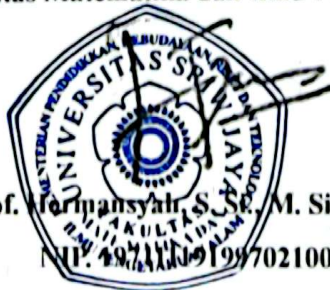
Pembimbing



**Dr. Nirwan Syarif, M. Si
NIP. 197010011999031003**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Maripansyah, S. Sc., M. Si., Ph. D.
NIP. 197111101997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Annisa Zaharanti (08031382025072) dengan judul “Preparasi dan Karakterisasi Elektroda SnO₂/TiO₂ untuk Aplikasi Elektro Oksidasi Metanol” telah disidangkan dihadapan Dosen Pembimbing dan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 08 Januari 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 09 Januari 2025

Pembimbing:

1. **Dr. Nirwan Syarif, M. Si**
NIP. 197010011999031003

()

Penguji:

2. **Fahma Riyanti, M. Si**
NIP. 197204082000032001
3. **Dr. Nova Yuliasari, M. Si**
NIP. 197307261999032001

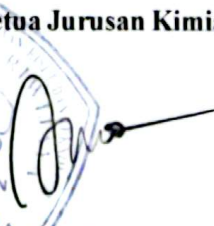
()

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Prof. Heri Ratumanan, M. Si., Ph. D.
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M. Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Annisa Zaharanti

NIM : 08031382025072

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 09 Januari 2025

Penulis,



Annisa Zaharanti

NIM. 08031382025072

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Annisa Zaharanti
NIM : 08031382025072
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmi Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (non-exclusively royalty-free right)" atas karya ilmiah saya yang berjudul "Preparasi dan Karakterisasi Elektroda SnO₂/TiO₂ untuk Aplikasi Elektro Oksidasi Metanol" dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap meneantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 09 Januari 2025

Yang menyatakan,



Annisa Zaharanti

NIM. 08031382025072

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang)

"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat."

(QS Al-Mujadilah 58:11)

"Jangan pernah menyerah hanya karena sesuatu terasa sulit. Hal-hal besar membutuhkan waktu. Jangan takut untuk gagal, karena kegagalan hanyalah bukti bahwa kamu sedang mencoba. Kesuksesan akan datang kepada mereka yang gigih dan percaya pada diri sendiri."

(John C. Maxwell)

Skripsi ini saya persembahkan kepada orang tua, saudara, keluarga, dosen, sahabat, almamater, dan orang-orang yang selalu mendukung saya.

Motto:

Kesuksesan adalah jumlah dari usaha kecil yang diulang hari demi hari."
"Robert Collier"

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “Preparasi dan Karakterisasi Elektroda SnO₂/TiO₂ Untuk Aplikasi Elektro Oksidasi Metanol”. Skripsi ini disusun sebagai upaya penulis dalam memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing **Dr. Nirwan Syarif, M. Si.** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan serta karunia dan anugerah-Nya kepada penulis yang sangat tidak terhingga.
2. Ibu dan Ayah tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan penulis selama ini. Terima kasih atas kesabaran dan cinta serta motivasi yang diberikan kepada penulis hingga penulis bisa sampai seperti sekarang.
3. Untuk diriku sendiri (Annisa Zaharanti) yang mampu bertahan sampai sejauh ini, jangan mudah menyerah, tetap kuat dan selalu berusaha semaksimal mungkin, dan yakin bahwa Allah SWT dan doa orang tua selalu bersamamu.
4. Bapak Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph. D selaku dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Ibu Fahma Riyanti, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana penulis.
8. Ibu Dr. Nova Yuliasari, M. Si Juga selaku pembimbing akademik sekaligus pembahas dan penguji sidang sarjana penulis.

9. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, membimbing serta mendidik selama masa perkuliahan hingga lulus.
10. Kak Chosiin dan Mbak Novi selaku Admin Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam proses administrasi penulis hingga lulus.
11. Eri denanda selaku partner, terima kasih telah menemani, menasehati, dan mendukung selama skripsi ini berjalan. Terima kasih untuk selalu siap mendengarkan keluh kesah selama ini.
12. Sahabatku Umi Syarita yang telah membantuku serta menjadi teman seperjuangan selama proses penelitian.
13. Temanku Dini Eryani dan Rhada Mert'lissa yang telah menjadi teman seperjuangan penelitian.
14. Keluarga besar terutama kak ogik, bunda kiting, bunda sopa, pia, dan apis tersayang yang selalu menemani saya dalam suka maupun duka.
15. Teman seperjuangan kimia 2020 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas kenangan yang telah diberikan selama perkuliahan.
16. Semua pihak yang telah memberikan bantuan penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Indralaya, 09 Januari 2025

Penulis

SUMMARY

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF SnO₂/TiO₂ ELECTRODES FOR Methanol ELECTRO OXIDATION APPLICATIONS

Annisa Zaharanti : Supervised by Dr. Nirwan Syarif, M.Sc.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xiv + 49 pages, 1 tables, 20 images, 10 attachments.

Research has been carried out to develop SnO₂/TiO₂ electrodes as electrochemical sensors for detecting methanol. The preparation process involves making SnO₂/TiO₂ electrode ink which is then applied to the surface of the nickel mesh plate using a brush method. The electrode ink consists of a mixture of SnO₂/TiO₂, carbon, and conductive polymer. Electrode performance was tested using cyclic voltammetry (CV) and linear sweep voltammetry (LSV) methods. The CV measurement results show that there is a redox reaction at the SnO₂/TiO₂ electrode, with an anodic peak at 0.0482 V and a cathodic peak at -0.1551 V. CV measurements were carried out at a potential of 5 V and a scan rate of 0.023 V/s using 2 M Na₂SO₄ electrolyte. Meanwhile, LSV measurements showed varying oxidation peaks in the potential range of 0 V to 0.4 V, with methanol concentrations varying varied by 2%, 5%, 8%, and 12%. Electrode characterization was carried out using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). XRD analysis shows a certain diffractogram pattern that reflects the crystalline structure of the SnO₂/TiO₂ electrode, which contains 3 peaks at 2θ angles of 27.07°, 34.29°, and 52.09° on the SnO₂ electrocatalyst and 25°, 37°, and 55° on the TiO₂ electrocatalyst. SEM results with a magnification of 3,000 times show a porous or hollow surface morphology structure with pore sizes varying between 1-5 μm.

Keywords : SnO₂/TiO₂ Electrodes, Methanol, Vulcan, Binchotan, Polyaniline (PANi), Chitosan.

Citation : 54 (2010-2024)

RINGKASAN

PREPARASI DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA SnO₂/TiO₂ UNTUK APLIKASI ELEKTRO OKSIDASI METANOL

Annisa Zaharanti : Dibimbing oleh Dr. Nirwan Syarif, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xiv + 49 halaman, 1 tabel, 20 gambar, 10 lampiran.

Penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan elektroda SnO₂/TiO₂ sebagai sensor elektrokimia dalam mendeteksi metanol. Proses preparasi melibatkan pembuatan tinta elektroda SnO₂/TiO₂ yang kemudian diaplikasikan pada permukaan pelat nikel mesh menggunakan metode kuas. Tinta elektroda terdiri dari campuran SnO₂/TiO₂, karbon, dan polimer konduktif. Kinerja elektroda diuji menggunakan metode *cyclic voltammetry* (CV) dan *linear sweep voltammetry* (LSV). Hasil pengukuran CV menunjukkan adanya reaksi redoks pada elektroda SnO₂/TiO₂, dengan puncak anodik di 0,0482 V dan puncak katodik di -0,1551 V. Pengukuran CV dilakukan pada potensial 5 V dan laju pindai (*scan rate*) 0,023 V/s menggunakan elektrolit Na₂SO₄ 2 M. Sementara itu, pengukuran LSV menunjukkan puncak oksidasi yang bervariasi pada rentang potensial 0 V hingga 0,4 V, dengan konsentrasi metanol yang divariasikan sebesar 2%, 5%, 8%, dan 12%. Karakterisasi elektroda dilakukan menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) dan *scanning electron microscopy* (SEM). Analisis XRD menunjukkan pola difraktogram tertentu yang mencerminkan struktur kristalin elektroda SnO₂/TiO₂ yang terdapat 3 puncak pada sudut 2θ sebesar 27.07°, 34.29°, dan 52.09° pada elektrokatalis SnO₂ serta 25°, 37°, dan 55° pada elektrokatalis TiO₂. Hasil SEM dengan perbesaran 3.000 kali memperlihatkan struktur morfologi permukaan berbentuk porous atau berlubang yang berpori dengan ukuran pori bervariasi antara 1-5 μm.

Kata Kunci : Elektroda SnO₂/TiO₂, Metanol, Vulcan, Binchotan, Polianilin (PANi), Kitosan.

Sitasi : 54 (2010-2024)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY.....	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Elektrokimia	5
2.1.1 Definisi Elektrokimia.....	5
2.1.2 Jenis Sel Elektrokimia	5
2.2 Metanol.....	6
2.3 Lapisan Elektroda.....	6
2.3.1 Definisi Elektroda	6
2.3.3 Nikel _(mesh)	7
2.3.3 Timah (II) Oksida (SnO ₂)	7
2.3.4 Titanium (IV) Oksida (TiO ₂)	8
2.3.5 Karbon	9

2.3.6 Polimer Konduktif	10
2.4 Karakterisasi	12
2.4.1 <i>Cyclic Voltametry (CV)</i>	12
2.4.2 <i>Linear Sweep Voltammetry (LSV)</i>	13
2.4.3 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	13
2.4.4 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1 Pembuatan Polianilin (PANi).....	16
3.3.2 Preparasi elektroda SnO ₂ /TiO ₂	17
3.3.3 Pengujian Kinerja Elektroda Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammerty (CV)</i> dan Metode <i>Linear Sweep Voltammetry (LSV)</i> . 17	
3.3.4 Karakterisasi Elektroda SnO ₂ /TiO ₂	18
3.3.5 Analisa Data	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	20
4.2 Linier Sweep Voltammetry (LSV).....	21
4.3 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	24
4.4 Karakterisasi <i>Scanning Electron Miscroscope (SEM)</i>	25
BAB V PENUTUP	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA`	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jenis-jenis struktur kristal TiO ₂	8
Gambar 2. Struktur Polianilin.....	12
Gambar 3. Kurva <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	13
Gambar 4. Potensial, Arus, dan Voltammogram dari eksperimen Linear sweep Voltammetry	13
Gambar 5. Skema SEM	14
Gambar 6. Bagan difraktometer sinar-x	15
Gambar 7. Skema Kerja <i>Oscilloscope</i>	18
Gambar 8. Kurva <i>Cyclic Voltammetry</i> SnO ₂ /TiO ₂	20
Gambar 9. Kurva <i>Linier Sweep Voltammetry</i> SnO ₂ /TiO ₂ variasi A (Vulcan- PANi)	21
Gambar 10. Kurva <i>Linier Sweep Voltammetry</i> SnO ₂ /TiO ₂ variasi A (Binchotan- PANi)	22
Gambar 11. Kurva <i>Linier Sweep Voltammetry</i> SnO ₂ /TiO ₂ variasi A (Binchotan- Kitosan).....	22
Gambar 12. Kurva <i>Linier Sweep Voltammetry</i> SnO ₂ /TiO ₂ variasi A (Vulcan- Kitosan).....	22
Gambar 13. Grafik Puncak Anodik Methanol dengan Konsentrasi 2%, 5%, 8%, 12% pada Masing-masing Variasi.....	23
Gambar 14. Difraktogram XRD Elektroda SnO ₂ /TiO ₂	24
Gambar 15. Morfologi Permukaan Elektroda SnO ₂ /TiO ₂	25
Gambar 16. <i>Oscilloscope</i> dan Genertaor Fungsi	37
Gambar 17. Arus pada CH ₁	37
Gambar 18. Arus pada CH ₂	37
Gambar 19. Membuat Plot menggunakan WebPlotDigitizer	38
Gambar 20. Kurva Puncak Arus pada Elektroda Vulcan-Pani 5V	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Percobaan	35
Lampiran 2. Preparasi elektroda SnO ₂ /TiO ₂	36
Lampiran 3. Rangkaian Alat <i>Oscilloscope dan Generator Fungsi</i>	37
Lampiran 4. Hasil kurva voltammogram elektroda SnO ₂ /TiO ₂ menggunakan <i>cyclic voltammetry (CV)</i>	40
Lampiran 5. Hasil kurva voltammogram elektroda SnO ₂ /TiO ₂ menggunakan <i>linear sweep voltammetry (LSV)</i>	41
Lampiran 6. Perhitungan	44
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi Elektroda SnO ₂ /TiO ₂ menggunakan SEM	45
Lampiran 8. Hasil Karakterisasi Elektroda SnO ₂ /TiO ₂ menggunakan XRD	46
Lampiran 9. Tabel nilai puncak anodik <i>linear sweep voltammetry</i>	47
Lampiran 10. Alat penelitian.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sensor kimia memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari, seperti memantau gas atmosfer, kualitas makanan, proses industri, dan diagnosis biomedis. Sensor ini harus memiliki selektivitas, sensitivitas, respons kinetik yang cepat, stabilitas, serta daya simpan jangka panjang (Vega *et al*, 2020). Dalam sel bahan bakar, sensor digunakan untuk mengukur konsentrasi bahan bakar dan memantau emisi karbon monoksida, dengan sensor elektrokimia berperan mengubah konsentrasi metanol menjadi sinyal listrik melalui proses oksidasi (Akbari *et al*, 2016). Namun, metanol sendiri dapat menyebabkan keracunan akut, yang ditandai dengan gejala seperti asidosis metabolik, kerusakan mata, dan gangguan sistem saraf. Pada kasus berat, keracunan metanol dapat berujung pada kebutaan atau kematian, yang umumnya terjadi akibat konsumsi atau penyalahgunaan metanol, meskipun paparan melalui inhalasi juga tercatat (Moon, 2017).

Logam transisi oksida dengan potensial tinggi dapat melakukan proses oksidasi dan reduksi, hanya logam transisi dengan konfigurasi elektron d^0 yang umumnya digunakan untuk aplikasi sensor gas. Contohnya adalah TiO_2 , V_2O_5 , dan WO_3 , yang sering diterapkan dalam teknologi sensor, bersama dengan bahan non-transisi seperti ZnO dan SnO_2 yang memiliki konfigurasi elektron d^{10} (Widodo, 2019).

SnO_2 sering digunakan dalam sensor elektrokimia berkat keunggulannya dalam hal sifat elektronik, stabilitas termal, dan stabilitas kimia yang tinggi. Sebagai material utama untuk sensor kimia jenis konduktometrik, oksida logam menawarkan stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan sensor berbahan dasar kimia organik. Namun, meskipun dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, sensor berbasis oksida logam memiliki beberapa keterbatasan, seperti selektivitas yang rendah, masa pakai yang terbatas, dan kebutuhan suhu operasi yang tinggi, yang pada akhirnya meningkatkan konsumsi energi (Vega *et al*, 2020). Salah satu material oksida logam yang menarik perhatian dalam pengembangan sensor adalah TiO_2 , karena memiliki keunggulan sifat optik dan elektronik yang mampu

mengatasi beberapa kelemahan umum pada sensor berbasis oksida logam (Widodo, 2019).

Titanium dioksida (TiO_2) adalah semikonduktor yang terkenal karena memiliki sifat optik dan elektronik yang luar biasa. Kombinasi stabilitas tinggi, kemampuan oksidasi yang kuat, biaya yang terjangkau, serta sifatnya yang tidak beracun membuat TiO_2 menjadi pilihan yang sangat cocok untuk berbagai aplikasi sensor (Listanti *et al*, 2018). TiO_2 memiliki tiga fase kristal: anatase, rutile, dan brookite, dengan anatase stabil di bawah 800°C dan rutile di atas suhu tersebut (Pérez-Rodríguez *et al*, 2018). Titanium dioksida (TiO_2) sering dikombinasikan dengan karbon konduktif, seperti Vulcan XC-72R dan binchotan, untuk meningkatkan efisiensi sensor serta kinerjanya dalam berbagai aplikasi elektrokimia (Rahayu *et al*, 2022).

Karbon hitam, seperti *Ketjen Black*, Vulcan XC-72R, dan binchotan, banyak digunakan dalam elektrokimia karena konduktivitas listrik yang baik, distribusi mesoporos tinggi, biaya rendah, dan ketersediaannya yang melimpah. Vulcan XC-72R memiliki keseimbangan antara luas permukaan dan konduktivitas yang tinggi (Pérez-Rodríguez *et al*, 2018), sedangkan binchotan, yang dibuat melalui pirolisis kayu keras, memiliki kandungan karbon tinggi dan kadar abu rendah (Pereira *et al*, 2024). Selain itu, polimer konduktif juga populer dalam aplikasi elektrokimia karena efisiensi konduktivitas dan penyimpanan energi yang sangat baik (Surianty *et al*, 2013).

Polimer konduktif seperti polianilin (PANi) semakin populer karena konduktivitas listrik dan efisiensinya dalam penyimpanan energi. PANi banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sel surya, sensor, baterai, dan superkapasitor, berkat sifat elektronnya yang kaya dan kemampuannya untuk dimodifikasi (Majeed *et al*, 2022). Selain itu, kitosan, turunan kitin, juga banyak digunakan karena sifat ramah lingkungan, kemampuan menyerap, stabilitas termal, dan biokompatibilitasnya, menjadikannya pilihan menarik dalam penelitian (Pandey *et al*, 2020). Sementara polimer konduktif seperti polianilin (PANi) dan kitosan memiliki potensi besar dalam aplikasi elektrokimia, pemilihan elektrolit yang tepat juga sangat penting untuk meningkatkan kinerja sistem. Dalam

penelitian ini, digunakan larutan elektrolit Na_2SO_4 , yang berfungsi larutan elektrolit.

Larutan elektrolit terdiri dari asam, basa, dan garam yang berfungsi meningkatkan konsentrasi ion serta mengurangi resistensi. H_2SO_4 , elektrolit asam dengan konduktivitas ionik tinggi, sedangkan KOH elektrolit basa dengan kepadatan energi setara H_2SO_4 , sering digunakan. Namun, sifat korosif keduanya membatasi penggunaan komersialnya. Sebagai alternatif, Na_2SO_4 , larutan netral, digunakan dan diuji efektivitasnya melalui *Cyclic Voltammetry* (CV) dengan Na_2SO_4 2M (Asti dan Putra, 2024). Weng (2013), mencatat bahwa Na_2SO_4 memiliki stabilitas yang baik sebagai elektrolit pendukung.

Elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ dikarakterisasi menggunakan uji XRD dan SEM. XRD digunakan untuk mengevaluasi kualitas elektroda dengan menganalisis struktur kristal. Metode ini mengidentifikasi berbagai bentuk kristal melalui difraksi sinar-X, yang terjadi ketika gelombang terhambur oleh kisi kristal. SEM digunakan untuk mempelajari morfologi permukaan elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ yang telah disiapkan (Muttaqin dkk, 2023).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana efektivitas elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ yang dikombinasikan dengan PANi/kitosan dan karbon vulcan/binchotan dalam mendeteksi metanol terhadap konsentrasi Na_2SO_4 , terutama saat diuji menggunakan *cyclic voltammetry* (CV) dan *linier sweep voltammetry* (LSV)?
2. Bagaimana menganalisis struktur kristal elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan morfologi permukaan elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh elektrolit Na_2SO_4 pada elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ terhadap deteksi metanol menggunakan *cyclic voltammetry* (CV) dan *linier sweep voltammetry* (LSV).
2. Menganalisis struktur kristal elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman mengenai bagaimana elektroda $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ dapat meningkatkan efisiensi proses elektrooksidasi metanol, serta membuka peluang untuk pengembangan teknologi baru di bidang elektrokimia dan sensor berbasis metanol.

DAFTAR PUSTAKA`

- Akbari, E., Buntat, Z., Nikoukar, A., Kheirandish, A., Khaledian, M., & Afroozeh, A. (2016). Sensor application in Direct Methanol Fuel Cells (DMFCs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *60*, 1126–1127.
- Andhika, I. F., Hertiningtyas, C., Aji, A., Desy, A., & Saraswati, T. E. (2014). Penggunaan Karbon Batu Baterai sebagai Elektroda dalam Metode Arc Discharge untuk Pembuatan TiO₂ Termodifikasi Karbon (Use of Battery Carbon as Electrodes in Arc Discharge Method for Fabrication of Carbon-Modified TiO₂). *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, *10*, 186-194.
- Asti, R. D., & Putra, A. (2024). Pengaruh Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Sifat Elektrokimia Superkapasitor dari Karbon Aktif Sabut Kelapa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *8*(2), 19497.
- Bahfie, F., Manaf, A., Astuti, W., Nurjaman, F., & Herlina, U. (2021). Tinjauan teknologi proses ekstraksi bijih nikel laterit. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, *17*(3),136.
- Bhernama, B. G. (2015). Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Dengan Penyinaran Matahari Dan Penambahan Katalis TiO₂-SnO₂. *Journal Lantanida*, *3*(2), 116.
- Bontempelli, G., Dossi, N., & Toniolo, R. (2016). *Linear Sweep and Cyclic* ☆. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*, 1-4.
- Brownson, D.A.C, and Banks, C.E. (2014). The Handbook of Graphene Electrochemistry. London: Springer-Verlag. Hal: 35-42.
- Chomari, M. N., dan Kusumawati, D. H. (2012). Variasi Molaritas H₂SO₄ pada Polianilin/H₂SO₄. *Jurnal Sains & Matematika*, *1*(1), 29-30.
- Danjumma, S. G., Abubakar, Y., & Suleiman, S. (2019). Nickel oxide (NiO) devices and applications: a review. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, *8*(4), 461.

- Elgrishi, N., Rountree, K. J., McCarthy, B. D., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T., and Dempsey, J. L. (2018). A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal Chemical Education*, 95, 198.
- Fitrilawati. (2018). Peningkatan Kelarutan Polianilin Melalui Turunannya Untuk Bahan Komposit. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 8(2), 33.
- Gaber, A., Abdel-Rahim, A., Abdel-Latief, A. Y., and Abdel-Salam, M. N. (2014). Influence of Calcination Temperature on the Structure and Porosity of Nanocrystalline SnO₂ Synthesized by a Conventional Precipitation method. *International Journal Electrochemical Science*, 9, 81.
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M. S., and Catalano, A. (2020). Nickel: Human Health and Environmental Toxicology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 1.
- Hakim, L., Dirgantara, M., dan Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(1), 44-46.
- Hikmah, M., & Wahyuni, N. (2023). Sintesis Fotokatalis TiO₂ untuk Degradasi Zat Warna Sintetis Metilen Biru dengan Bantuan Sinar Tampak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 879.
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 177-178.
- Hoten, H. Van. (2020). Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik Dari Cangkang Telur Ayam Broiler. *Rotor*, 13(1), 1.
- Kim, J. H., Kim, J. S., Lim, Y. G., Lee, J. G., & Kim, Y. J. (2011). Effect of carbon types on the electrochemical properties of negative electrodes for Li-ion capacitors. *Journal of Power Sources*, 196(23),
- Lambrechts, M., and Sansen, W. (2021). Biosensors: Microelectrochemical Devices. Britania Raya: CRC Press.

- Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat, A., & Sunaryono, S. (2018). Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 3(1), 8-9.
- Majeed, A. H., Mohammed, L. A., Hammoodi, O. G., Sehgal, S., Alheety, M. A., Saxena, K. K., ... & Salmaan, N. U. (2022). A review on polyaniline: synthesis, properties, nanocomposites, and electrochemical applications. *International Journal of Polymer Science*, 1-2.
- Meng, D., Zhang, S., Thomas, T., Huang, C., Zhao, R., & Yang, M. (2020). Pt/WN based fuel cell type methanol sensor. *Sensor and Actuators B: Chemical*, 307, 127686.
- Molapo, K. M., Ndangili, P. M., Ajayi, R. F., Mbambisa, G., Mailu, S. M., Njomo, N., ... & Iwuoha, P. B. I. (2012). Electronics of conjugated polymers (I): polyaniline. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(12), 11859-11860.
- Mulyani, R., Buchari., Noviandri, I., dan Ciptati. (2012). Studi voltametri siklik sodium dedocyl benzen sulfonat dalam berbagai elektroda dan elektrolit pendukung. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah (Journal of Waste Management Technology)*, 15(1), 51.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto, D. (2012). Uji XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 23-24.
- Mursal, I. L. P. (2018). Karakterisasi XRD Dan SEM Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel Dalam Drug Delivery System. *Pharma Xplore: Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*, 3(2).
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., dan Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material: X-ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *Indonesian Journal of Laboratory*. 6(1), 10.

- Moon, C. S. (2017). Estimations of the lethal and exposure doses for representative methanol symptoms in humans. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 29:44, 1-2.
- Nie, M., Sun, H., Liao, J., Li, Q., Xue, Z., Xue, F., ... & Teng, L. (2021). Study on the catalytic performance of Pd/TiO₂ electrocatalyst for hydrogen evolution reaction. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(9), 2.
- Nugraha, E. R., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). Analysis of titanium dioxide nanoparticle synthesis research for photocatalysis using vosviewer. *Open Soil Science and Environment*, 1(1), 9-10.
- Olad, A., and Ramazani, Z. (2013). Preparation, Characterization, and Anticorrosive Properties of Polyaniline Nanotubes. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 61, 950.
- Pandey, A., & Raja, A. N. (2020). Recent development in chitosan-based electrochemical sensors and its sensing application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 4232
- Park, D.-S., Won, M.-S., Goyal, R. N., & Shim, Y.-B. (2012). *The electrochemical sensor for methanol detection using silicon epoxy coated platinum nanoparticles*. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 174, 45–50.
- Pereira, L. C., Corrêa, C. R., Zilnyk, K. D., Hias, E. O., Santos, H. C., Yamamoto, H., & Yamaji, F. M. (2024). Binchotan Charcoal as an Alternative to Calcined Petroleum Coke in Anodes in the Aluminum Industry. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 12(31), 11480.
- Pérez-Rodríguez, S., Pastor, E., & Lázaro, M. J. (2018). Electrochemical behavior of the carbon black Vulcan XC-72R: Influence of the surface chemistry. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(16), 7911.
- Permana, E., Desriyanti, R., Marlinda, L., & Murti, S. D. S. (2021). Sintesis Metanol dari Hidrogenasi Karbon Monoksida dengan Katalis Cu/ZnO/Al₂O₃. *Jurnal Teknologi*, 13(2), 218.

- Rahayu, A., Juliantri, L., & Amalia, R. Y. (2022). Degradasi remazol yellow FG dengan katalis oksida besi/karbon aktif dengan metode fotokatalis Degradation of remazol yellow FG with iron oxide/activated carbon catalyst using photocatalyst method. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(3), 127.
- Salleh, N. A., Kheawhom, S., and Mohamad, A. A. (2020). Characterizations of nickel mesh and nickel foam current collectors for supercapacitor application. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 6839.
- Sudradjat, A., dan Bayuseno, A. P. (2014). Analisis Korosi Dan Kerak Pipa Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(1), 41-42.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana., dan Dimyati, A. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(2), 45.
- Suriyanti., Akhiruddin., dan Laksmi Ambarsari. (2013). "Studi Elektrokimia Polianilin Komposit Elektroda Pasta Karbon." *Jurnal Biofisika*, 9(2), 48.
- Syarif, N. (2022). Microdetection of Chromium Mixed-Valences using CuNi/Ti Electrode and Linear Sweep Voltammetry. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 12(2), 112-122.
- Syarif, N., Rohendi, D., Bizzy, I., dan Mardiyanto. (2023). Penyuluhan Manfaat dan Pembuatan Manik - Manik Binchotan Kepada Masyarakat Desa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 200.
- Syawalain, M. A. R., Yohana., dan Kahar, A. (2019). Pengaruh Kuat Arus dan Tegangan Terhadap Perubahan Kandungan Logam Pada Lindi TPA Sampah Dengan Metode Elektrolisis. *Jurnal Chemurgy*, 3(1), 8.
- Utomo, W. B., & Brotowati, S. (2021). Penentuan voltametrik besi (ii/iii) dalam air minum kemasan menggunakan elektroda cetak layar yang tidak termodifikasi (voltametric determination of iron (ii/iii) in refilled water using unmodified screen printed electrode). In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 6 (1)*, 94.

- Vega, R. A. L. D., dan Putri, N. P. (2020). Sebuah review: polianilin (PANi) sebagai bahan aktif pendeteksi asam. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 9(2), 105-107.
- Weng, M., Zhou, Z., and zhang, Q. (2013). Electrochemical DEgradation of Typical Dyeing Wastewater in Aqueous Solution: Performance and Mechanism. *International Journal of Electrochemical Science*, 8(1), 291.
- Widodo, S. (2019). Review Sensor Gas Berbasis Metal Oksida Semikonduktor Untuk Mendeteksi Gas Polutan Yang Selektif Dan Sensitif. *Techno-Socio Ekonomika*, 12(2), 93.
- Yalçinkaya, S., Demetgül, C., Timur, M., & Çolak, N. (2010). Electrochemical synthesis and characterization of polypyrrole/chitosan composite on platinum electrode: its electrochemical and thermal behaviors. *Carbohydrate polymers*, 79(4), 908.
- Zaidan, M., dan Garinas, W. (2021). Kajian Bahan Baku Mineral Nikel untuk Baterai Listrik di Daerah Sulawesi Tenggara. *Jurnal Rekayasa Pertambangan (JRP)*, 1(1), 49.
- Zainul, R. (2024). *Elektrokimia dalam Penyimpanan Energi Menggunakan Baterai Ion Litium*. PT. RajaGrafindo Persada - Rajawali Pers.
- Zuhud, F. B., Bahtiar, S., dan Yanuar, E. (2023). Analisis pengaruh waktu pelindian terhadap persentase nikel laterit menggunakan asam fosfat. *UTS Student Conference*, 1(1), 96.
- Zulhamida, Z., & Putra, A. (2024). Sintesis dan Karakterisasi Elektroda Superkapasitor Berbasis Karbon Akrif Limbah Tongkol Jagung. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 19505–19516.
- Zyoud, S. E. H., Al-Jabi, S. W., Sweileh, W. M., Awang, R., & Waring, W. S. (2015). Bibliometric profile of the global scientific research on methanol poisoning (1902–2012). *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 10, 1.