

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KINERJA ELEKTRODA ZrO_2 -
 TiO_2/C PADA ELEKTROLISIS METANOL**

SKRIPSI

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



Oleh :

UMI SYARITA

08031382025089

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KINERJA ELEKTRODA $ZrO_2 - TiO_2/C$ PADA ELEKTROLISIS METANOL

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Sains Bidang Studi Kimia**

Oleh:

UMI SYARITA

08031382025089

Indralaya, 13 Februari 2025

**Menyetujui,
Pembimbing**

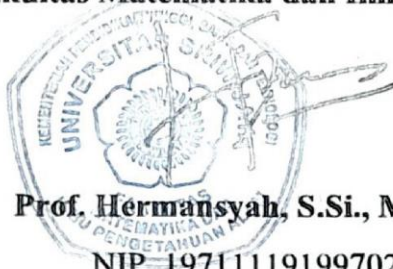


Dr. Nirwan Syarif, M.Si

NIP. 197010011999031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Umi Syarita (08031382025089) dengan judul "Preparasi dan Karakterisasi Kinerja Elektroda ZrO_2-TiO_2/C pada Elektrolisis Metanol" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Februari 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 13 Februari 2025

Pembimbing:

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

()

Penguji:

2. **Dr. Ady Mara, M.Si**
NIP. 196404301990031003
3. **Dr. Widia Purwaningrum, M.Si**
NIP. 197304031999032001

()
()

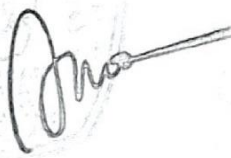

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.Si., 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 : Umi Syarita

Nim : 08031382025089

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari universitas sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 13 Februari 2025

Penulis,



Umi Syarita

NIM. 08031382025089

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Umi syarita
NIM : 08031382025089
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmi Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah yang berjudul: “Preparasi dan Karakterisasi Kinerja Elektroda ZrO_2-TiO_2/C pada Elektrolisis 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 mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguhnya.

Indralaya, 13 Februari 2025

Penulis



Umi Syarita

NIM. 08031382025089

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

“Sungguh atas kehendak Allah semua ini terwujud, tiada kekuatan kecuali dengan pertolongan Allah”

(QS. Al-kahfi : 39)

“Ketika kamu ikhlas menerima semua kekecewaan hidup, maka Allah akan membayar tuntas semua kecewamu dengan beribu-ribu kebaikan, bahwa dengan segala sesuatu yang baik untukmu tidak akan Allah izinkan pergi kecuali akan diganti dengan yang lebih baik lagi”

(Ali Bin Abi Thalib)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Kupersembahkan kepada kedua orang tua, saudara, keluarga, dosen, sahabat, almamater, dan orang-orang yang selalu mendukung saya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT dan baginda Nabi Muhammad SAW yang tak henti-hentinya telah memberikan syafaat, kasih sayang, kesabaran, kekuatan, dan pertolongan kepada penulis sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Preparasi dan Karakterisasi Kinerja Elektroda ZrO_2-TiO_2/C pada Elektrolisis Metanol”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya. Penelitian dan penyusunan skripsi ini melalui proses yang tidaklah mudah, penulis menyadari bahwa semua ini dapat terwujud karena bantuan dari berbagai pihak baik materi maupun moril hingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Nirwan Syarif, M.Si.** selaku pembimbing tugas akhir. Terima Kasih atas segala bimbingan, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi hingga selesai.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW, karena atas rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan lancar.
2. Orang tua Abah, Bunda dan Adek-adekku tersayang, terima kasih atas doa, yang selalu dicurahkan kepadaku dan terima kasih atas dukungan materi maupun non materi serta semangat yang selalu kalian berikan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi serta informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.
6. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si dan Ibu Dr. Widia Purwaningrum, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana yang telah membantu dan memberikan saran dalam penyelesaian skripsi serta terima kasih juga atas ilmu pengetahuan yang saya dapatkan dari Ibu dan Bapak.

7. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mendidik, membimbing serta memberikan ilmunya selama masa perkuliahan hingga lulus.
8. Staf Administrasi Jurusan Kimia (Kak Chosiin dan Mbak Novi) staf Analis Laboratorium Kimia FMIPA (yuk Nur, yuk Niar dan yuk Yanti), terima kasih banyak atas bantuannya kepada penulis.
9. Keluarga besar, saudara dan sepupu, terimakasih untuk materi, nasihat dan semangat untuk bertahan dan berusaha menyelesaikan ini
10. Makku (almh), Terima kasih, Mak! Tak ada sutra yang begitu lembut seperti belaian seorang ibu. Tidak ada tempat yang paling nyaman selain pangkuan ibu. Tak ada bunga yang lebih cantik selain senyummu, terima kasih sudah menjadi mak yang hebat dikehidupan ini serta mengukir banyak kenangan yang sangat indah, semoga mak bisa melihat aku dari atas bahwa aku telah menyelesaikan masa study ku dan mendapatkan gelar sarjana. Aku merindukanmu!
11. Sahabatku Annisa Zaharanti yang telah membantuku serta menjadi teman seperjuangan selama proses perkuliahan, penelitian dan tugas akhir.
12. Temanku Eva Silvia, Nirliana Eka Saputri, Dini Eryani dan Rhada Mert'lissa yang telah menjadi teman seperjuangan perkuliahan dan penelitian.
13. FRIEND'5 SLAMANYA (Putri, Ridho, Muja dan Safri) terima kasih telah menjadi teman dari SD, SMP, SMA hingga sekarang, banyak dukungan dan doa dari kalian, saya ucapkan terima kasih, semoga persahabatan ini terjalin sampai seterusnya.
14. Stay Halal Bro (Inces Caca dan Inces Putri) terima kasih telah menjadi teman dari SMA hingga sekarang dan supportnya selama ini sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan baik, ditunggu gibahan selanjutnya! Let's goo.
15. Teman seperjuangan kimia 2020 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas kenangan yang telah diberikan selama berkuliahan.
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.
17. Terakhir untuk diriku Umi Syarita. Ketika kamu membuka skripsi ini, kamu pasti bangga akan pencapaianmu selama ini, kamu hebat, kamu kuat! Akhirnya

kamu mendapatkan apa yang kamu tangisi selama ini. GOOD JOB! Proud of you umi!

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, Aamiin ya Rabbal Aalamin.

Indralaya, 13 Februari 2025

Penulis



Umi Syarita

SUMMARY

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ZrO₂ - TiO₂ /C ELECTRODE PERFORMANCE IN METHANOL ELECTROLYSIS

Umi Syarita: Supervised by Dr. Nirwan Syarif, M.Sc.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xv + 46 pages, 12 images, 9 attachments

Research on the preparation and characterization of the performance of ZrO₂-TiO₂/C electrodes in methanol electrolysis has been conducted. Methanol electrolysis is one of the energy conversion methods that has great potential. Therefore, this research was conducted to develop ZrO₂-TiO₂/C electrodes as methanol electrolysis. This electrode was made using the brush method on a nickel mesh plate and tested using the Cyclic Voltammetry (CV) and Linear Sweep Voltammetry (LSV) methods. In addition, the electrodes were characterized using X-Ray Diffraction (XRD) for crystal structure analysis and Scanning Electron Microscope (SEM) to observe the electrode surface morphology. The results of the CV method measurement obtained an anodic peak at 0.5972 V with an oxidation peak current (Ipoks) of 8.91×10^{-4} A, while the cathodic peak was obtained at 0.2078 V with a reduction peak current (Ipred) of 2.83×10^{-4} A. Meanwhile, LSV measurements showed varying oxidation peaks in the potential range of 0V-0.4V with methanol concentrations varying between 2.5, 8, and 12% in variations of (a) R² of 0.961 (b) R² of 0.9801 (c) R² of 0.9873 (d) R² of 0.9929. This shows a relationship that tends to be linear between the two variables in the binchotan + chitosan variation. The results of the XRD test characterization showed 5 ZrO₂ 2θ peaks of 28°, 32°, 39°, 50°, and 60° where these values are in accordance with (ICDD no: 37-1484) there are 3 TiO₂ 2θ peaks of 26°, 36°, and 55° where these values are in accordance with (JCPDS no: 88-1175 and 84-1286), and there are 2 carbon peaks at an angle of 2θ of 45.272o and 68°, the data obtained are in accordance with the reference pattern (JCPDS no: 46-0943). The results of the SEM test showed the morphological structure of the ZrO₂-TiO₂/binchotan + chitosan electrode surface with a magnification of 3,000 times at a surface voltage of 5.00kV which is irregularly shaped and has few pores.

Keywords : ZrO₂-TiO₂/C Electrode, Binchotan, Chitosan, Methanol, Cyclic Voltammetry, Linear Sweep Voltammetry

Citations : 54 (2014-2023)

RINGKASAN

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KINERJA ELEKTRODA $ZrO_2 - TiO_2/C$ PADA ELEKTROLISIS METANOL

Umi Syarita : Dibimbing oleh Dr. Nirwan Syarif, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xv + 46 halaman, 12 gambar, 9 lampiran

Penelitian mengenai preparasi dan karakterisasi kinerja elektroda ZrO_2-TiO_2/C pada elektrolisis metanol telah dilakukan. Elektrolisis metanol merupakan salah satu metode konversi energi yang memiliki potensi besar. Oleh karena itu, Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan elektroda ZrO_2-TiO_2/C sebagai elektrolisis metanol. Elektroda ini dibuat menggunakan metode kuas pada pelat nikel mesh dan diuji dengan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV). Selain itu, elektroda dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk analisis struktur kristal dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengamati morfologi permukaan elektroda. Hasil pengukuran metode CV didapatkan puncak anodik di 0,5972 V dengan arus puncak oksidasi (I_p^{oks}) $8,91 \times 10^{-4}$ A, sedangkan puncak katodik diperoleh pada 0,2078 V dengan arus puncak reduksi (I_p^{red}) $2,83 \times 10^{-4}$ A. Sementara itu, pengukuran LSV menunjukkan puncak oksidasi yang bervariasi pada rentang potensial 0V-0,4V dengan konsentrasi metanol yang divariasikan antara 2,5,8, dan 12% pada variasi (a) R^2 sebesar 0,961 (b) R^2 sebesar 0,9801 (c) R^2 sebesar 0,9873 (d) R^2 sebesar 0,9929. Hal ini menunjukkan hubungan yang cenderung linear antara dua variabel pada variasi binchotan + kitosan. Hasil karakterisasi pengujian XRD terdapat 5 puncak ZrO_2 2θ sebesar 28° , 32° , 39° , 50° , dan 60° dimana nilai tersebut sesuai dengan (ICDD no: 37-1484) terdapat 3 puncak TiO_2 2θ sebesar 26° , 36° , dan 55° dimana nilai tersebut sesuai dengan (JCPDS no: 88-1175 dan 84-1286), serta terdapat 2 puncak karbon pada sudut 2θ sebesar 45.272° dan 68° , data yang didapat sesuai dengan pola referensi (JCPDS no: 46-0943). Hasil pengujian SEM menunjukkan struktur morfologi permukaan elektroda $ZrO_2-TiO_2/binchotan + kitosan$ dengan perbesaran 3.000 kali pada tenggangan permukaan 5.00kV yang berbentuk *faky* tidak teratur dan memiliki sedikit pori-pori.

Kata Kunci : Elektroda ZrO_2-TiO_2/C , Binchotan, Kitosan, Metanol, *Cyclic Voltammetry*, *Linear Sweep Voltammetry*

Sitasi : 54 (2014-2023)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
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	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Elektroda	4
2.2 Elektrolisis Metanol	5
2.3 Bahan-Bahan Elektroda	5
2.3.1 Polianalin (PANi).....	5
2.3.2 Kitosan	7
2.3.3 Bincotan	8
2.4 Elektrokatalis Zirkon oksida (ZrO ₂) Titanium dioksida (TiO ₂)	8
2.4.1 Karbon Vulcan Xc72r	9
2.5 Pengujian elektroda	10
2.5.1 <i>Cyclic Voltametry</i> (CV).....	10
2.5.2 <i>Liner Sweep Voltammetry</i> (LSV)	11
2.6 Karakterisasi.....	12

2.6.1 <i>X Ray Diffraction</i> (XRD)	12
2.6.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	17
3.3 Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1 Pembuatan Polianalin (PANi)	17
3.3.2 Preparasi Katalis ZrO ₂ -TiO ₂ /C Menggunakan Metode Furnace.....	18
3.3.3. Pengujian Kinerja Elektroda	18
3.3.4 Karakterisasi Elektroda ZrO ₂ -TiO ₂ /C Menggunakan Metode XRD dan SEM.....	19
3.4 Pengolahan Data.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	21
4.2 Hasil Pengukuran <i>Liner Sweep Voltammetry</i> (LSV)	23
4.3 Karakterisasi <i>XRay Diffraction</i> (XRD)	27
4.4 Karakterisasi Scanning Electron Microscope (SEM).....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	35
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur PANi dengan bentuk yang berbeda.....	6
Gambar 2. Kurva Cyclic Voltammetry (CV).....	10
Gambar 3. Ilustrasi Difraksi Sinar-X (Subaer, 2015)	12
Gambar 4. Pola XRD fotokatalis TiO ₂ murni, ZrO ₂ , dan hibrida ZrO ₂ /TiO ₂	13
Gambar 5. Diagram skematik alat SEM	15
Gambar 6. FESEM dari fotokatalis ZrO ₂ /TiO ₂	15
Gambar 7. Skema pengujian kinerja elektroda	19
Gambar 8. Kurva Cyclic Voltammetry Elektroda ZrO ₂ -TiO ₂ /C.....	21
Gambar 9. Kurva LSV Elektroda ZrO ₂ -TiO ₂ /C dengan Variasi Konsentrasi Metanol	24
Gambar 10. Grafik puncak anodik konsentrasi metanol 2%,5%,8%,12%.....	26
Gambar 11. Difraktogram XRD elektroda ZrO ₂ -TiO ₂ /C	27
Gambar 12. Morfologi Permukaan Elektroda ZrO ₂ -TiO ₂ /Binchotan+kitosan	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Pembuatan Polianilin (PANi).....	36
1.1 Pembuatan Campuran Anilin-HCl	36
1.2 Pembuatan Larutan Ammonium Peroksodisulfat	36
1.3 Pembuatan PANi-HCl.....	36
Lampiran 2. Preparasi Elektroda ZrO ₂ /TiO ₂	37
Lampiran 3. Rangkaian Alat <i>Oscilloscope</i>	38
Lampiran 4. Hasil Kurva Voltammogram CV Elektroda ZrO ₂ /TiO ₂	39
Lampiran 5. Hasil Kurva Voltammogram LSV Elektroda ZrO ₂ /TiO ₂	40
5.1 Variasi Vulcan + Kitosan.....	40
5.2 Variasi Vulcan + PANi	40
5.3 Variasi Binchotan + PANi	41
5.4 Variasi Binchotan + Kitosan.....	41
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Elektroda ZrO ₂ /TiO ₂ menggunakan XRD	42
Lampiran 7. Tabel Nilai Puncak Anodik <i>Linier Sweep Voltammetry</i> (LSV)	43
Lampiran 8. Perhitungan	44
8.1 Pengenceran Larutan Elektrolit pada <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)....	44
8.2 Pengenceran Larutan Elektrolit pada <i>Linier Sweep Voltammetry</i> (LSV).....	44
Lampiran 9. Alat – alat Penelitian.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era industri modern, pengembangan material elektrokimia yang efisien dan efektif telah menjadi fokus penelitian yang signifikan. Sel elektrolisis merupakan jenis sel elektrokimia yang memanfaatkan energi listrik untuk memicu terjadinya reaksi kimia (Harahap, 2016). Salah satu area penelitian yang menarik adalah pengembangan elektroda yang dapat meningkatkan kinerja reaksi elektrokimia tertentu. Elektroda merupakan konduktor yang berfungsi menghantarkan arus listrik antara dua media, biasanya dari sumber listrik ke perangkat atau bahan tertentu. Bentuk elektroda bervariasi seperti kawat, pelat, timah, atau seng. Elektroda juga dapat dibuat dari bahan non-logam yang bersifat konduktor listrik seperti granit (Siregar, 2017). Elektroda ini terbagi menjadi elektroda positif dan negatif karena arus listrik yang mengalir melaluinya berfungsi sebagai sumber energi untuk pertukaran elektron. Prinsip dasar elektrokimia melibatkan reaksi reduksi oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit (Harahap, 2016). Proses elektro-oksidasi metanol sering kali memerlukan elektroda yang efisien untuk meningkatkan konversi metanol menjadi energi listrik agar elektrolisis metanol dapat berkerja dengan baik (Sanjaya & Syarifudin, 2020).

Metanol merupakan jenis senyawa alkohol paling sederhana dan termasuk dalam kelompok alkohol primer. Senyawa ini memiliki sifat karakteristik dimana gugus hidroksil (OH) terletak pada atom C dan semua ikatannya berjenis kovalen polar (Smith, 2017). Metanol memiliki keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil lainnya karena efisiensinya dalam konversi energi dan emisi karbon yang lebih rendah. Salah satu metode yang efektif untuk mendeteksi metanol adalah dengan menggunakan elektroda berbasis material oksida logam. Zirkonium dioksida (ZrO_2) dan titanium dioksida (TiO_2) merupakan material yang menarik perhatian karena kestabilan termal, konduktivitas ionik, dan sifat katalitiknya yang unggul (Ratchagar & Jagannathan, 2020). Diharapkan pada penelitian ini dapat mempersiapkan dan mengkarakterisasi elektroda ZrO_2 dalam elektrolisis metanol, yaitu dengan cara mengkompositkan ZrO_2 dengan TiO_2 . Penggunaan TiO_2 dalam sistem elektrokimia telah banyak dilakukan dengan mempertimbangkan sifat elektronik TiO_2 , yaitu dengan mengisi celah pita dari ZrO_2 (Ferlozzo *et al*, 2023).

Zirkonium (ZrO_2) memiliki stabilitas kimia yang tinggi dan konduktivitas ionik yang baik, material ini banyak digunakan dalam aplikasi elektrokimia karena kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi reaksi redoks. ZrO_2 memiliki struktur kristal yang fleksibel dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi suhu tinggi (Shah *et al*, 2023). Titanium dioksida (TiO_2) merupakan material semikonduktor yang sering digunakan sebagai katalis dalam reaksi elektrokimia. TiO_2 memiliki sifat stabil secara termal dan mudah dimodifikasi untuk meningkatkan aktivitas katalitiknya (Nah *et al*, 2010). TiO_2 digunakan karena biayanya yang rendah, dan tidak beracun (Meng *et al*, 2019). Kombinasi ZrO_2 dan TiO_2 menciptakan material dengan sifat katalitik yang sinergis dan meningkatkan efisiensi transfer elektron. ZrO_2 dan TiO_2 dapat membentuk elektroda dengan performa tinggi, khususnya dalam reaksi elektrolisis metanol. Efisiensi elektroda sering kali dipengaruhi oleh struktur material, teknik preparasi, serta bahan tambahan yang digunakan. Dalam penelitian ini, digunakan variasi bahan tambahan seperti polianilin (PANi), kitosan, binchotan, dan karbon Vulcan Xc-72R.

PANi merupakan polimer konduktif yang dapat meningkatkan konduktivitas elektroda, selain itu PANi mampu mempercepat transfer elektron pada permukaan elektroda. Kitosan, binchotan, dan karbon vulcan Xc -72R merupakan karbon konduktif dimana kitosan adalah polimer alami yang berfungsi sebagai pengikat bahan aktif, dengan sifat biokompatibel dan bioaktifnya kitosan meningkatkan homogenitas campuran elektroda. Binchotan merupakan arang berkualitas tinggi dengan kandungan karbon yang sangat tinggi (> 95%). Sifat konduktivitasnya dan luas permukaannya yang besar mendukung reaksi elektrokimia secara optimal. Karbon vulcan Xc -72R material karbon ini memiliki luas permukaan yang besar dan sifat konduktivitas tinggi sehingga mendukung efisiensi transfer elektron dalam reaksi redoks. Untuk meningkatkan kinerja elektroda ZrO_2 - TiO_2 /C. Bahan-bahan ini memiliki sifat yang dapat meningkatkan konduktivitas, stabilitas, dan sifat katalitik elektroda. Pengukuran menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV) mampu memberikan informasi mendetail tentang sifat elektrokimia dan kinetika reaksi (Bontempelli *et al*, 2016). Karakterisasi elektroda ZrO_2 - TiO_2 /C dilakukan dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan elektroda yang efisien untuk aplikasi elektrolisis metanol, dimana

metode karakterisasi yang digunakan mengidentifikasi struktur kristal dan mengamati morfologi permukaan elektroda.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, rumusan masalah yang diangkat adalah:

1. Bagaimana kinerja elektroda ZrO_2-TiO_2/C yang dikombinasikan dengan komposit seperti PANi, kitosan, dan binchotan terhadap variasi konsentrasi metanol dan elektrolit Na_2SO_4 , menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV)?
2. Bagaimana karakteristik elektroda ZrO_2-TiO_2/C menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk puncak-puncak difraksi dan karakteristik morfologi permukaan elektroda ZrO_2-TiO_2/C menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan kinerja elektroda ZrO_2-TiO_2/C yang dikombinasikan dengan komposit PANi, kitosan, dan binchotan terhadap variasi konsentrasi metanol dan Na_2SO_4 menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Linear Sweep Voltammetry* (LSV).
2. Menentukan karakteristik elektroda ZrO_2-TiO_2/C menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk puncak-puncak difraksi dan karakterisasi morfologi permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh kombinasi komposit (PANi, binchotan, dan kitosan) terhadap peningkatan kinerja elektroda ZrO_2-TiO_2/C dalam elektrolisis metanol dan informasi tentang hubungan puncak difraksi dan morfologi permukaan elektroda terhadap kinerja elektrokimia menggunakan XRD dan SEM.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Ahmad, I., Ramzan, S., Kiyani, M. Z., Dubal, D., & Mubarak, N. M. (2021). Nanomaterial synthesis protocols. In *Nanomedicine Manufacturing and Applications* (pp. 73-85). Elsevier.
- Arsyi, N. Z., Nurjannah, E., Nurahlina, D., & Budiyati, E. (2018). Karakterisasi nano kitosan dari cangkang kerang hijau dengan metode gelas ionik. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2), 106-111.
- Azam, MA, & Mupit, M. (2022). Sensor berbasis nanomaterial karbon: Sintesis dan karakterisasi. Dalam *Sensor Berbasis Nanomaterial Karbon* (hlm. 15-28). Elsevier.
- Bontempelli, G., Dossi, N., & Toniolo, R. (2016). Linear Sweep and Cyclic.
- Boylestad, R., & Nashelsky, L. (2014). *Electronic devices and circuit theory*. Prentice Hall.
- Cahyotomo, A., Panglipur, H. S., Tirta, A. P., Hayat, M., & Madiabu, M. J. (2022). Deteksi Metil Paraben secara Voltametri Menggunakan Elektrode Pasta Karbon. *Warta Akab*, 46(1), 16–20.
- Chia, C. H., Joseph, S. D., Rawal, A., Linser, R., Hook, J. M., dan Monroe, P. 2014. Microstructural Characterization Cf White Charcoal. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 109(1): 215–221.
- Chitoria, A. K., Mir, A., & Shah, M. A. (2023). A review of ZrO₂ nanoparticles applications and recent advancements. *Ceramics international*.
- Choudhary, Y. S., Jothi, L., & Nageswaran, G. (2017). Electrochemical Characterization. *Indian Institute of Science and Technology*, 1(1), 19-54.
- Crystallite, X. R. D. (2022). *Size Calculator (Scherrer Equation)—InstaNANO*.
- Dai, X., Wu, S., & Li, S. (2018). Progress on electrochemical sensors for the determination of heavy metal ions from contaminated water. *Journal of the Chinese Advanced Materials Society*,
- Deshpande, S. S., Jachak, M. A., Khopkar, S. S., & Shankarling, G. S. (2018). A simple substituted spiropyran acting as a photo reversible switch for the detection of lead (Pb²⁺) ions. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 258,
- Dewanatan, W. W., Adiputra, M. K., Hakim, I. P., Zainuddin, A. P., Putro, I. K., & Cahyono, R. B. (2020). Peningkatan efisiensi energi melalui optimasi cycle steam boiler pada operasi boiler: studi kasus di PT. Kaltim Methanol Industri (KMI). *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 182-188.
- Fadli, A. L. 2018. Sintesis dan Karakterisas Nanomaterial Carbon-Dot, Carbon-Dot/Sulfur, Carbon-Dot/ Silver Nanoparticle Berbahan Dasar Buah Namnam (*Cynometra cauliflora* L) dengan Metode Penggorengan Berbasis Minyak. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Ferlazzo, A., Espro, C., Iannazzo, D., Bonavita, A., & Neri, G. (2023). Yttria-zirconia electrochemical sensor for the detection of tyrosine. *Materials Today Communications*, 35, 106036.
- Gusty, S. (Ed.). (2023). *Pengantar Fisika Material Metal, Ceramic, Polymer, Composite*. TOHAR MEDIA.
- Haider, A. J., Jameel, Z. N., & AlHussaini, I. H. (2019). Review on: titanium dioxide applications. *Energy Procedia*, 157, 1729.
- Harahap, M. R. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *Circuit*. 2(1): 177180.
- Horti, N. C., Kamatagi, M. D., Nataraj, S. K., Wari, M. N., & Inamdar, S. R. (2020). Structural and optical properties of zirconium oxide (ZrO₂) nanoparticles: effect of calcination temperature. *Nano Express*, 1(1), 010022.
- Hoten, H. Van. (2020). Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik Dari Cangkang Telur Ayam Broiler. *Rotor*, 13(1), 1.
- Ingried, V. F. 2020. Preparasi Karbon Berbasis Batang Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) Sebagai Anoda dan Aplikasinya pada Kinerja Baterai LiTiO₂Ion. Tesis. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Kara, İ., Kiraz, A. Ö., Cetişli, H., Donat, R., & Kolsuz, N. (2016). Theoretical calculation on a compound formed by methyl alcohol and simmondsin. *International Journal of Secondary Metabolite*, 3(1), 39–39.
- Kiani, D. (2023). X-ray diffraction (XRD). In *Springer Handbook of Advanced Catalyst Characterization* (pp. 519-539). Cham: Springer International Publishing.
- Kurniasari, D., & Atun, S. (2017). Pembuatan dan karakterisasi nanopartikel ekstrak etanol temu kunci (*boesenbergia pandurata*) pada berbagai variasi komposisi kitosan. *Jurnal Sains Dasar*, 6(1), 31-35.
- Llorens, Elena & Armelin, Elaine & Pérez-Madrigal, Maria & Del Valle, Luis & Alemán, Carlos & Puiggali, Jordi. (2013). Nanomembranes and Nanofibers from Biodegradable Conducting Polymers. *Polymers*. 5. 1115-1157. 10.3390/polym5031115.
- Majeed, A. H., Mohammed, L. A., Hammoodi, O. G., Sehgal, S., Alheety, M. A., Saxena, K. K., Dadoosh, S. A., Mohammed, I. K., Jasim, M. M., & Salmaan, N. U. (2022). A Review on Polyaniline: Synthesis, Properties, Nanocomposites, and Electrochemical Applications. *International Journal of Polymer Science*, 2022.
- Mahmuda, A. M. 2018. Preparasi Karbon Berpori dari Tumbuhan ApuApu (*Pistia sratiotes*) dan Aplikasi Sebagai Elektroda Anoda Baterai Lithium. Skripsi. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Meng, A., Zhang, L., Cheng, B., & Yu, J. (2019). Dual cocatalysts in TiO₂ photocatalysis. *Advanced Materials*, 31(30), 1807660.

- Muttaqin, R., Prayitno, W.S.W. Nurbaiti, U. 2023. Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material: Xray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *Indonesian Journal of Laboratory*, 6(1), 10.
- Nah, Y. C., Paramasivam, I., & Schmuki, P. (2010). Doped TiO₂ and TiO₂ nanotubes: synthesis and applications. *ChemPhysChem*, 11(13), 2698-2713.
- Pereira, L. C. (2024). Binchotan charcoal as a renewable source for partial replacement of calcined petroleum coke in the aluminum industry.
- 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), 217-226.
- Pethaiah, SS, Sadasivuni, KK, Jayakumar, A., Ponnamma, D., Tiwary, CS, & Sasikumar, G. (2020). Elektrolisis metanol untuk produksi hidrogen menggunakan membran elektrolit polimer: Tinjauan singkat. *Energi*. 13 (22), 5879.
- Puspasari, D., Wijayanti, E., & Fitri, N. S. (2023). Pembuatan Desinfektan Menggunakan Metode Elektrolisis Larutan Garam. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(3), 219-225.
- Putri, A. Z. (2019). Analisis teoritik nanopartikel Zirkonium Dioksida (ZrO₂) (Theoretical analysis of Zirconium Dioxide (ZrO₂) nanoparticles). *PILLAR OF PHYSICS*, 12(1).
- Ratchagar, V., Jagannathan, K. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial ZrO₂ yang Sangat Efisien untuk Perilaku Elektrokimia. *J Supercond Nov Magn*, 33, 3433–3441.
- Rawat, R. (2020). *Pulsed Laser Ablation for Elemental Analysis and Synthesis of Nanoparticles in Liquid* (Doctoral dissertation, Sikkim University).
- Richard, Y., & Widodo, D. S. (2014). Elektropolimerisasi Anilin secara Potensiostatik dengan Penambahan Dopan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 17(1), 1216.
- Sanjaya, F. and Syarifudin, S. (2020). Konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang mesin motor 100 cc berbahan bakar premium dan metanol. *nozzle*, 9(2), 38-40.
- Sari, EP, Sajima, S., Prabasiwi, DS, & Poernomo, H. (2021). Ekstraksi Zr pada Tailing Tambang Emas untuk Menghasilkan Zirkonium Oktahidrat Oktahidrat (ZOC) Bebas TENORM. *Jurnal Kimia Sains Indonesia*, 10 (2), 7581.
- Sathyaseelan, B., Manikandan, E., Baskaran, I., Senthilnathan, K., Sivakumar, K., Moodley, M. K., & Maaza, M. (2017). Studies on structural and optical properties of ZrO₂ nanopowder for opto-electronic applications. *Journal of Alloys and Compounds*, 694, 556-559.

- Setha, B., Rumata, F., & Silaban, B. B. (2019). Karakteristik kitosan dari kulit udang vaname dengan menggunakan suhu dan waktu yang berbeda dalam proses deasetilasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 499.
- Shah, N. M. R., Yeo, C. D., Choi, M., Hong, Y. K., & You, J. H. (2023). Change of Electrical and Transport Properties of Nickel Oxide by Carrier Concentration and Temperature through FirstPrinciple Calculations. *Nanomanufacturing and Metrology*, 6(1), 37.
- Siregar, S. M. (2017). Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi) Sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA*, 2(1), 166-173.
- Smith, J. G. (2017). *Organic Chemistry, Fifth Edition*. McGrawHill Education
- Syarif, N. (2022). Microdetection of Chromium MixedValences using CuNi/Ti Electrode and Linier Sweep Voltammetry. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 12(2), 112122.
- Syarif, N., Rohendi, D., Haryati, S., & Tin, L. C. (2020, March). Preparing of carbon nanodots from binchotan carbon by electrochemically sonification and dialysis. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 796, No. 1, p. 012057). IOP Publishing.
- Syarif, N., Rohendi, D., Bizzy, I., & Mardiyanto, M. (2023). Penyuluhan Manfaat dan Pembuatan Manik-Manik Binchotan Kepada Masyarakat Desa. *ABDINE: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 199.
- Thariq, M., Fadli, A., Rahmat, A., & Handayani, R. (2016). Pengembangan Kitosan Terkini Pada Berbagai Aplikasi Kehidupan.
- Widayanti, N. dan Putri, N. P. 2018. Sintesis Polianilin dengan Metode Interfasial Menggunakan Variasi Larutan dalam Fasa Organik. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*. 7(2): 7173.
- Widiyastuti, D. A. (2016). Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM) pada Struktur dan Mineral Batuan dari Sungai Aranio Kabupaten Banjar. *Polhasains: jurnal sains dan terapan Politeknik Hasnur.*, 4(02), 16-21.
- Wei, H., Cui, D., Ma, J., Chu, L., Zhao, X., Song, H., ... & Guo, Z. (2017). Teknologi konversi energi menuju sistem penyimpanan energi elektrokimia bertenaga mandiri: keadaan terkini dan perspektif. *Jurnal Kimia Material A*, 5 (5), 1873-1894.
- Yaacob, N., Ismail, AF, Sean, GP, & Nazri, NAM (2019). *Sifat struktural dan fotokatalitik fotokatalis hibrida ZrO₂-TiO₂ yang didoping bersama*. *SN Applied Sciences*, 1(3). doi:10.1007/s42452-019-0247-4
- Zhao, M., Liu, Y., Li, F., Han, J., Dubovyk, V., & Zhao, H. (2024). Fabrication of highly conductive VXC72R carbon nanoparticles decorated Zr (IV)based metalorganic framework for highly sensitive detection of methyl parathion. *International Journal of Electrochemical Science*, 100767.