

**PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT KHCO_3 PADA
KONVERSI CO_2 MENJADI METANOL MELALUI METODE
REDUKSI ELEKTROKIMIA CO_2 MENGGUNAKAN *MEMBRANE
ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)**

SKRIPSI



Oleh :

AYU WANDIRA

08031381722089

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMANAN PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT KHCO_3 PADA
KONVERSI CO_2 MENJADI METANOL MELALUI METODE
REDUKSI ELEKTROKIMIA CO_2 MENGGUNAKAN
MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)

SKRIPSI

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

Oleh:
AYU WANDIRA
08031381722089

Indralaya, 24 Mei 2021

Pembimbing I



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

Pembimbing II



Nura Yuliasari, M.Si
NIP. 1973726199903200



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

NIP. 197611191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Pengaruh Konsentrasi Elektrolit KHCO_3 Pada Konversi CO_2 Menjadi Metanol Melalui Metode Reduksi Elektrokimia Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA)" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 3 Mei 2021 dan diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 24 Mei 2021

Ketua :

1. **Dr. Dedi Rohendi, M.T**
NIP. 196704191993031001

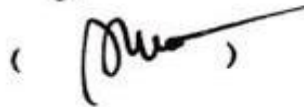
()

Anggota :

2. **Nova Yuliasari, M.Si**
NIP. 197307261999032001

()

1. **Prof. Dr. Muharni.**
NIP. 196903261994122001

()

2. **Dr. Muhammad Said.**
NIP. 197407212001121001

()

3. **Drs. Almunady T. Panagan, M. Si.**
NIP. 196011081994021001

()



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ayu Wandira
Nim : 0803381722089
Fakultas/Jurusan : Matematika 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, 24 Mei 2021

Penulis



Ayu Wandira

NIM. 09031381722089

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawahini:

Nama Mahasiswa : Ayu Wandira
NIM : 08031381722089
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengaruh Konsentrasi Elektrolit KHCO_3 Pada Konversi CO_2 Menjadi Metanol Melalui Metode Reduksi Elektrokimia Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA)” Dengan hak bebas royalti non-eksklusive 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 24 Mei 2021
Yang menyatakan



Ayu Wandira
NIM. 08031381722089

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- “Allah SWT tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya” (QS. AL-Baqarah 2:286).
- “Orang-Orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi”
- “Hidup seperti bermain sepeda, kita harus tetap mengayuh untuk tetap berjalan dan seimbang. Kalau berhenti ya kita akan jatuh”
- “Waktu akan terus berputar, hiraukan yang mengganggu jalanmu untuk membangun masa depan. Karena banyak orang yang hanya pandai berkomentar tanpa tau perjuangan seseorang”

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Saya sendiri yang telah berjuang selama ini dan untuk kedua orang tua saya serta kakak-kakak dan ayukku yang selalu memberikan dukungan dan doa restu yang sangat luar biasa untuk Ayu.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. Wb

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini, saya sebagai penulis menyadari mendapat banyak dukungan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak baik materi maupun moril. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan ibu **Nova Yuliasari, M.Si.** atas segala bimbingan, motivasi, saran, petunjuk, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan penulis skripsi ini hingga selesai, juga kepada universitas sriwijaya atas bantuan fasilitas dalam penelitian.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. beserta jajarannya WD I, WD II dan WD III. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Terima kasih karena telah mendukung saya terus maju dan berkembang melalui semua informasi-informasi akademik yang disediakan di Fakultas MIPA.

1. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Pak Dr. Dedi Rohendi, M.T. Selaku dosen pembimbing utama. Terima kasih telah bersedia menjadi pembimbing dan sekaligus menjadi orang tua kedua yang selalu membimbing, mengajari, memotivasi dan selalu menyemangati untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas segala nasehat, dukungan moral maupun material kepada Ayu. Sekali lagi terimakasih pak, banyak pelajaran yang sudah bapak berikan kepada Ayu. Semoga bapak sehat selalu dan sukses terus. Aamiin

3. Ibu Nova Yuliasari, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua. Terima kasih atas segala bentuk bimbingan, dukungan dan bantuannya kepada Ayu untuk selalu semangat menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibusehat selalu dan sukses terus. Aamiin
4. Ibu Dra. Desnelli, M.Si. selaku pembimbing akademik. Terima kasih sudah membimbing, motivasi dan menyemangati selama perkuliahan.
5. Pak Dr. Almunady T. Panagan, M.Si., Ibu Prof. DR. Muhrani dan Bapak DR. Muhammad Said. selaku dosen penguji. Terima kasih Bapak dan Ibu sudah memberikan ilmu, saran dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Staf pengajar di Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya, terima kasih atas segala ilmu, materi dan dukungan untuk saya selama proses perkuliahan.
7. Staf administrasi jurusan, Mbak Novi, Kk Iin dan Kak Tejo. Terima kasih telah membantu semua urusan saya di Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya sampai akhir perkuliahan ini.
8. Orang tua saya, bapak, umak dan Kak Eko, Kak Eno, yuk Irma dan Yuk Okta. Terima kasih banyak atas segala doa restu yang sangat luar biasa, semangat dan dukungan moral maupun material, kasih sayang yang tak terbatas yang selalu bapak dan umak berikan untuk Ayu. Terima kasih banyak sudah bertahan sudah berjuang bersama dalam penyelesaian kuliah ini. Kalian keluarga yang sangat luar biasa. Kalian adalah semangatku. LOVEYOU SO MUCH.
9. PUTRI KHALIFAH, kesayangan ante. Terimakasih sudah memberi tawa dan kebahagiaan dalam keluarga sederhana kita, semoga kelak kamu menjadi anak yang sholehah, pintar dan bisa jadi kebanggaan keluarga. Ante sayang faaaa.
10. Keluarga Besar, gede-gede, bibik-bibik, mamang-mamang, terimakasih banyak atas kasih sayang yang kalian berikan ke ayu, terimakasih banyak semua bantuan baik moral maupun material.
11. Keluarga Besar, gede-gede, bibik-bibik, mamang-mamang, terimakasih banyak atas kasih sayang yang kalian berikan ke ayu, terimakasih banyak semua bantuan baik moral maupun material.

12. Team PUR Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya, terima kasih telah membantu, membimbing, mendukung baik secara moral maupun material selama penelitian. Terima kasih telah menjadi rumah yang hangat kekeluargaannya, terimakasih atas segala waktunya. Semoga kita selalu diberikan kesehatan dan kemudahan dalam segala urusan. Aamiin
13. Tutorku Kak Dwi Hawa Yulianti, M.Si. Terima kasih atas segala waktu dan ilmu yang diberikan. Terima kasih atas segala kesabaran kakak menghadapi saya yang sangat menyebalkan selama ini mungkin selama ini saya banyak melakukan salah baik sengaja ataupun tidak sengaja, ayu mohon maaf kak. Terimakasih banyak kak bantuan, ilmu dan waktu yang luar biasa yang mungkin tidak bisa didapatkan dari orang lain. Terimakasihh banyak jugakak atas pelajaran hidup, agama dan semuanya. Mungkin sekarang hanya ucapan terimakasih dan doa yang bisa ayu berikan ke kakak. Terimakasih kak sudah memberikan canda tawa kehangatan yang sangat luar biasa :(, Maaf ya kak awal datang PUR ayu berikan kesan yang tidak baik :(, terimakasih sudah membantu memperbaiki kesalahan ayu kak. Terimakasih sudah membuat ayu paham arti keluarga yang sesungguhnya. Btw sudah berapa kato terimakasih ya kak? Semoga kedepannya segala urusan kakak selalu dipermudahkan.
14. Tutorku Kak Dea, Terimakasih atas segala ilmu yang kakak berikan, walaupun kemarin kakak sibuk dipernikahan tapi sempat-sempatnya kakak ngajarin ayu, terimakasih kak sudah sabar menghadapi ayu yang selalu bertanya berulang-ulang. Terimakasih atas waktu yang telah kakak berikan. Semoga kakak selalu dalam lindungan Allah SWT. Sehat sehat kak.
15. Kakak team PUR (Kak Reka Kak Icha dan kak wulan) terima kasih atas segala dukungan, bantuan dan pelajaran yang kalian berikan hingga ayu banyak pelajaran yang didapat baik pelajaran penelitian maupun pelajaran hidup. Terimakasih atas canda tawa selama di PUR kak. Terimakasih sudah menjadi keluarga yang hangat selama di PUR kak. Lancar luncur untuk kakak. Untuk kak Reka semoga rencana baiknya berjalan sesuai keinginan ya kak, makasih grill nyo kak :*. Kak Icha makasih yo kak candaan candaan yang galak beken berenti ketawo, yok kalem yok kak,

kak wulan, terimakasih sudah bantu translate dan membuat ayu lebih paham jurnal wwkkwkw.

16. BONGKE dan LAMBE (Putu, Ernak, Nimyo dan Vio) terimakasih banyak sudah mengisi hari-hariku di dunia perkuliahan, terimakasih banyak sudah saling membantu, memberi dan memotivasi. Terimakasih banyak atas duka tawa dan canda yang kalian berikan, mungkin tanpa kalian hari-hari ku di dunia perkuliahan sangatlah tak bearti. Kalian sahabat terbaikk. Jangan pernah saling melupakan setelah ini. Jangan putus komunikasi. Maafkan diriku yang kadang lemot, maafkan diriku kalo pernah ada salah-salah kata yang membuat kalian tersinggung.
17. Team PUR 17 (Roma, Oik, Dilla dan indra). Terima kasih atas bantuan, dukungan, kerja sama teamnya, dan sudah menjadi bagian dari cerita singkat. Semangat terus untuk kalian dan sukses buat kita.
18. Kak Yuni Artika, S.Si, akak ros ku yang cantik, sejalan seirama seiring. Terimakasih banyak kak sudah jadi kakak yang sangat sabar, perhatian, pengertian untuk ayu, terimakasih kak sudah mengisi hari hari di saat pusing-pusingnya penelitian. (terimokasih kak untuk waktu yang kakak berikan ke ayu yang selalu mintak rewangi kesano kesni. Tempat curhat, tempat berkeluh kesah, tempat ghibah) kakak emng paket komplit. Diajak susah okay diajak senang okay diajak ghibah okay. Mantap betol. Semngat dan sukses terus untuk kakak emuachhh.
19. Roma Bintang Pasaribu, partner lab, Partner keliling. Terimakasih banyak atas bantuan yang sudah kau berikan ke aku. Walaupun sebentar ini sangat berkesan. Semoga kedepannya kita tidak saling melupakan.
20. MyKy, terimakasih sudah selalu membantu, menyemangati, memberi kasih sayang, perhatian yang tulus tanpa henti, terimakasih sudah sabar menghadapin aku yang super egois. orang yang paling sabar, tulus. Aku bersyukur bisa bertemu orang seperti kmu. Sukses terus MyKy.
21. Keluarga besar tercinta, saudaraku, sepupuhku, mbok teh, yuk fitri, dina, puput, dll terimakasih untuk canda serta kebersamaan yang telah kalian berikan kepadaku.
22. Pelajar Lintas Benua (Ijal, Omi, Dwi, Andri, Mia, Bima, Guntur, Yana, Panji dll yang dk biso di sebotken sikok-sikok) mokaseh sudah nasehati

aku, mokaseh sudah ngisi hari-hari di Palembang, mokaseh untuk candoan kalian selamo ini yo walaupun candoannyo agak mesom (apo lagi ijal omi). Untuk ANDRI, MOKASEH sudah galak direpotken dan minjemken komputer. Sukses terus buat kito galo. Dan semoga dan besak cawa lagi. Untuk ijal kurangilah mesomnyo, dan seriuslah dengan sikok cwek.

23. Keluarga Pali (ibu, kk anggik, adek niak, tiara, yuk dian dll yang tidak bisa disebutkan satu persatu), terimakasih banyak atas semua perhatian yang kalian berikan kepadaku. Kalian keluarga yang hangat dan penuh kasih sayang. Terimakasih atas bantuan yang telah kalian berikan, sampai ketemu lagi. Bahagia terus untuk keluarga paling, ayu menyanyangi kalian loveyou :*
24. Team PAYOKE PANGSIT, terimakasih sudah mengajari usaha kecil-kecilan, banyak hal yang biso didapet, salah satunyo kalo nak sukses dak biso cuman diem bae karena kito bukan anak Rafi Ahmad. Jadi harus gerak, dikit demi sedikit lama lam jadi bukit.
25. Teman Angkatan 17 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas pengalaman berharga yang telah diberikan
26. RESIMEN MAHASISWA, terimakasih sudah menjadi salah satu keluarga, terimakasih sudah memberikan banyak cerita, motivasi dan ilmu. Smoga kedepannya MENWA lebih jaya.
27. Kakak-kakak angkatan 2012-2016 dan adik-adik 2018-2019, terimakasih telah menjadi bagian darin hari-hari perkuliahan.
28. OK CLUB (Niti, Della, Dwi), Terimakasih sudah mau menjadi sahabat yang luar biasa untuk aku yang sangat biasa. Terimakasih sudah mengisi hari-hariku selama ini. Kalian sahabat yang luar biasa. Terimakasih atas canda tawa yang telah kalian berikan.
29. The Five (Desi, Reni, Lelak, Ririn). Terimakasih sudah mau menjadi sahabat yang luar biasa untuk aku yang sangat biasa. Terimakasih sudah mengisi hari-hariku selama ini. Kalian sahabt yang luar biasa.
30. Ayu Wandira, terimakasih sudah mampu bertahan dengan celoteh celoteh tajam yang orang lain lemparkan, kamu hebat luar biasa. Jangan mudah jatuh dan jangan menyerah kamu bisa lebih dari yang kamu bayangkan.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 24 Mei 2021



Ayu Wandira

NIM. 08031381722089

SUMMARY

THE EFFECT OF KHCO_3 ELECTROLYTE CONCENTRATION FOR CO_2 INTO METHANOL CONVERSION THROUGH MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) ELECTROCHEMICAL REDUCTION

Ayu Wandira: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Nova Yuliasari, M.Si.
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University
xiii+ 59 Pages, 4 Tables, 12 Figures, 7 Attachments

The preparation and characterization of Pt/C and $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ electrodes and their application for conversion of CO_2 into methanol by Membrane Electrode Assembly (MEA) electrochemical reduction methods has successfully carried out. The electrodes were cast by spraying method and immerse into KHCO_3 electrolyte to obtain their electrochemical performance. Electrochemically active surface area of the catalyst (Electrochemical Surface Area/ECSA) of electrodes obtained from cyclic voltammetry (CV) curve indicated ECSA value on the Pt/C electrode as $378.69 \text{ cm}^2/\text{g}$ and the $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ electrodes as $209.89 \text{ cm}^2/\text{g}$ with scan rate of 50 mV/s . Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) analysis was performed to obtain the conductivity value of the electrodes. The value of the electrical conductivity of the electrode with Pt/C catalyst was 0.80 S/cm . The result of the conversion of CO_2 to methanol was measured using a methanol analyzer with maximum methanol percentage achieved at 1 M concentration as 15.75% . As lower concentration of KHCO_3 ($0,1 \text{ M}$; $0,4 \text{ M}$; $0,7 \text{ M}$) would tend to decrease the percentages as 9% ; 9.75% ; 12% , whilst higher concentration as 1.3 M would obtain lowest methanol percentage as 5% .

Keywords : *Pt/C, $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$, Cyclic Voltammetry, CO_2 conversion, methanol analyzer.*

Sitation : 36 (2010-2021).

RINGKASAN

PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT KHCO_3 PADA KONVERSI CO_2 MENJADI METANOL MELALUI METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)

Ayu Wandira: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Nova Yuliasari, M.Si.
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya xiii + 59 Halaman, 4 Tabel, 12 Gambar, 7 Lampiran

Pembuatan dan karakterisasi elektroda Pt/C dan $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ serta aplikasinya pada konversi CO_2 menjadi metanol dengan metode reduksi elektrokimia menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) telah dilakukan. Pembuatan elektroda dilakukan dengan metode penyemprotan/*Spraying* menggunakan elektrolit KHCO_3 untuk mengetahui kinerja elektrokimia. Hasil pengujian cyclic voltammetry (CV) untuk menentukan nilai luasan permukaan aktif katalis secara elektrokimia (*Electrochemical Surface Area / ECSA*) dari elektroda menunjukkan nilai ECSA pada elektroda Pt/C sebesar $378,69 \text{ cm}^2/\text{g}$ dan pada elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ sebesar $209,89 \text{ cm}^2/\text{g}$ dengan laju telusur 50 mV/s . Analisis *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) dilakukan untuk mendapatkan nilai konduktivitas dari elektroda yang digunakan. Nilai konduktivitas listrik elektroda dengan katalis Pt/C didapatkan sebesar $1,15 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ dan elektroda dengan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ sebesar $0,80 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$. Hasil konversi CO_2 menjadi metanol diukur menggunakan *Methanol analyzer* menunjukkan persentase metanol pada KHCO_3 dengan konsentrasi 1 M menunjukkan nilai sebesar 15,75 %. Pada konsentrasi KHCO_3 0,1 M sebesar 9%, KHCO_3 0,4 M sebesar 9,75% , KHCO_3 0,7 M menunjukkan nilai persentasi yaitu sebesar 12% dan KHCO_3 1,3 M menunjukkan persentase metanol sebesar 5%, sehingga didapatkan konsentrasi KHCO_3 yang terbaik untuk konversi CO_2 menjadi metanol adalah 1 M

Kata kunci : Pt/C, $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$, Voltametri Siklik, konversi CO_2 , *methanol analyzer*

Sitasi : 36 (2010-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	
KEPENTINGAN AKADEMIS	v
SUMMARY	vi
RINGKASAN	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Karbon Dioksida	6
2.2. Konversi Karbon Dioksida	6

2.3. Membrane Electrode Assembly(MEA).....	7
2.4. Metanol.....	8
2.5. Elektrolit.....	10
2.6. Elektroda.....	10
2.6.1. Elektroda kerja	10
2.6.2. Elektroda Pendukung (Counter Electrode)	11
2.7. Logam yang biasa digunakan sebagai Elektroda.....	11
2.8. Tembaga Sebagai Elektroda... ..	12
2.9. Karakterisasi katalis.....	13
2.9.1. X-Ray Diffraction (XRD)	13
2.9.2. Cyclic Voltammetry (CV).....	14
2.9.2. Konduktivitas Elektrik	15
2.10. Methanol Analyzer... ..	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3. 1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan	
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan.....	16
3.3 Prosedur Penelitian	
3.3.1. Preparasi Katalis Pt/C	17
3.3.2. Preparasi Gas Diffusion Layer (GDL)	17
3.3.3. Preparasi Elektroda	17
3.3.4. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD).....	18
3.3.5. Pengujian Cyclic Voltametry (CV).....	18

3.3.6.	Preparasi Membrane Electrode Assembly (MEA).....	19
3.3.7.	Konversi CO ₂ Menjadi CH ₃ OH secara Elektrokimia....	20
3.3.8.	Identifikasi Produk dan Analisis Data	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	E Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA).....	23
4.1.1.	Pembuatan Elektroda	23
4.1.2.	Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA).....	24
4.2.	Karakterisasi Elektroda.....	24
4.2.1.	Hasil Karakterisasi dengan X-Ray Diffractometer (XRD).	24
4.2.2.	Hasil analisis Cyclic Voltammetry (CV)	25
4.2.3.	Analisis Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)..	28
4.3.	Hasil Konversi Karbon Dioksida (CO ₂) Menjadi Metano.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	31
5.2.	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA		32
LAMPIRAN		36

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Reaksi elektrokimi untuk konversi CO ₂	6
Tabel2. Nilai ECSA elektroda Cu ₂ O-ZnO/C.....	26
Tabel 3. Konduktivitas elektroda Cu ₂ O-ZnO/C	27
Tabel 4. Hasil pengukuran metanol menggunakan metahnol analyzer.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dampak dari penggunaan bahan bakar fosil yang semakin banyak dapat menyebabkan tingkat emisi CO₂ di atmosfer terus meningkat. CO₂ dilepaskan ke atmosfer dari aktivitas pernapasan manusia, vulkanik, industri, transportasi darat, dan penerbangan. Pembakaran bahan bakar fosil (terutama batu bara, bahan bakar minyak dan gas alam) adalah alasan utama perubahan iklim yang serius dan masalah lingkungan. Diperkirakan bahwa konsentrasi CO₂ di atmosfer melampaui 400 ppm (Gao *et al.*, 2017).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar CO₂ adalah hidrogenasi gas CO₂ yang secara intensif dan telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Namun, kondisi suhu dan tekanan tinggi, selain pemakaian hidrogen yang tinggi, membuat proses ini kurang efisien. Alternatif lain yang sedang dikembangkan adalah reduksi CO₂ menjadi senyawa hidrokarbon seperti CH₃OH, HCOOH, CO dan CH₄ pada suhu kamar dan tekanan atmosfer menggunakan cahaya matahari atau energi listrik (Le, 2011).

Reduksi elektrokimia CO₂ telah diterapkan dikarenakan dampaknya yang baik sebagai solusi untuk masalah energi dan lingkungan. Reduksi CO₂ merupakan salah satu cara untuk menjaga kadar CO₂. Dalam metode ini, listrik yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan seperti matahari, angin, nuklir, gelombang, pasang surut, dan panas bumi berfungsi sebagai catu daya eksternal untuk transpor elektron. Reduksi elektrokimia langsung dari CO₂ menjadi CH₃OH menyajikan metode yang menarik untuk menghasilkan bahan bakar cair. Proses reduksi elektrokimia beroperasi pada suhu kamar dan memberikan cara yang terbaik untuk menyimpan energi listrik tanpa meningkatkan emisi CO₂. Dengan rancangan elektrokatalis yang sangat efisien, reaksi reduksi CO₂ menjadi bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar konvensional dan mengurangi ketergantungan dunia pada bahan bakar fosil (Le, 2011).

Kelebihan reduksi CO₂ dengan menggunakan metode elektrokimia dibandingkan dengan metode lainnya antara lain selektivitas produk yang

dihasilkan pada katoda akan berbeda-beda. Alat dan bahan yang digunakan sederhana dan ekonomis karena tidak membutuhkan kondisi vakum maupun temperatur yang tinggi. Studi untuk mengembangkan reduksi elektrokimia CO₂ telah banyak dilakukan dengan menggunakan elektroda Cu (Fitriani, 2012).

Studi untuk mengembangkan reduksi elektrokimia CO₂ telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai macam elektroda seperti Fe, Co, Ni, C, Ti. Namun hasil yang menunjukkan kurang efisien dikarenakan pada tekanan tinggi dapat menghasilkan CO dan HCOOH. Penelitian lainnya juga telah dilakukan untuk membandingkan elektrokatalitik antara elektroda Cu dengan Ag. Didapatkan bahwa elektroda Cu menunjukkan efisiensi yang baik untuk pembentukan senyawa CH₃OH (Fitriani, 2012).

Elektroda Cu bila dibandingkan dengan elektroda lainnya, memiliki harga yang ekonomis dan selektifitas yang tinggi terhadap pembentukan CH₃OH. Namun kekurangan dari elektroda Cu ini adalah seiring bejalannya waktu Cu mudah terdeaktivasi atau tidak aktif karena tertutupnya pori-pori katalis oleh pengotor dari sumber reaktan. Jika hal ini terjadi maka, ketika digunakan didalam reaksi akan terbentuk produk samping yang tidak diinginkan. Namun, hal ini dapat dipecahkan dengan cara memodifikasi Cu dengan Zn, dikarenakan Zn dapat menstabilkan atom Cu dengan menghilangkan kotoran yang dapat membuat Cu terdeaktivasi. Selain itu Cu₂O-ZnO/C memiliki sifat katalitik yang baik dalam konversi CO₂ menjadi metanol (Albo *et al.*, 2015). Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan logam Cu₂O-ZnO/C sebagai elektroda pada reduksi elektrokimia CO₂.

Salah satu metode reduksi CO₂ secara elektrokimia untuk menghasilkan CH₃OH adalah dengan *Membrane Electrode Assembly* (MEA). MEA biasa digunakan pada fuel cell dimana *Membrane Electrode Assembly* (MEA) memiliki fungsi secara efisien mengontrol aliran elektron yang dibebaskan pada reaksi oksidasi pada membran elektrolit. MEA merupakan gabungan dari katoda dan anoda yang di antara keduanya terdapat membran elektrolit. MEA merupakan komponen penting yang terdapat pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). Hal yang perlu dikaji untuk menghasilkan MEA dengan kinerja tinggi adalah kandungan dan jenis katalis serta metode pembuatannya (Rohendi *et al.*, 2013).

Reduksi elektrokimia CO₂ biasanya difokuskan pada beberapa jenis elektroda logam seperti Fe yang digabung, Cu yang dicampur, Pb, Hg dengan HCOOH sebagai produk utama. Selanjutnya menyelidiki pembentukan CH₃OH dari CO₂ menggunakan beberapa logam dan semikonduktor seperti rutenium, molibdenum, GaAs, Inp dengan hasil yang menjanjikan. Namun, kepadatan arus lebih rendah dari 1mA cm⁻². Kemudian, menemukan bahwa logam Cu yang ditemukan dapat secara elektrokimia mereduksi CO₂ menjadi hidrokarbon dengan kecepatan dan efisien yang (Le, 2011). Studi mengenai aktivitas elektrokatalitik dari logam Cu pada reduksi elektrokimia CO₂ telah dilakukan dalam larutan elektrolit KHCO₃ dengan metode QCM (*quartz crystal microbalance*) dan dihasilkan produk CH₄ dan C₂H₄ dengan efisiensi faraday yang tinggi dimana CO ditemukan sebagai fasa intermediet pada reduksi CO₂ ini (Lee and Tak, 2001). Sedangkan reduksi elektrokimia CO₂ dengan elektroda Cu dalam larutan NaHCO₃ 0,65 M telah menunjukkan efisiensi sebesar 42,5% (Fitriani, 2012).

Efek elektrolit dalam reduksi CO₂ pada elektroda merkuri dengan menyelidiki berbagai larutan berair NaHCO₃, NaH₂PO₄, NaCl, NaClO₄, Na₂SO₄, LiHCO₃, dan KHCO₃ yang divariasikan konsentrasinya dan didapatkan hasil bahwa KHCO₃ memiliki hasil yang optimum pada setiap konsentrasi elektrolit (Hori *et al.*, 1982). Elektrolit H₂CO₃ juga telah dicoba untuk reduksi CO₂ dan menunjukkan hasil yang cukup optimum. Studi mengenai aktivitas elektrokatalitik dari logam Cu pada reduksi elektrokimia CO₂ telah dilakukan dalam larutan elektrolit KHCO₃ 0,5 M pada elektroda lapis tipis yang berbentuk mangkuk yang disimpan dengan elektrodeposisi dengan menggunakan katalis Cu₂O-ZnO dengan rasio massa yang berbeda (1:0,5; 1:1; 1:2) dan pemuatan katalis yang berbeda (0,5 ; 1,0 ; 1,8 mg/cm²) (Albo *et al.*, 2015).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan konversi CO₂ menjadi CH₃OH menggunakan elektroda Cu₂O-ZnO/C dengan pemuatan katalis dan rasio massa yang bervariasi tanpa menggunakan larutan elektrolit, dan menunjukkan hasil yang baik pada rasio massa (1:1) dan pemuatan katalis 1mg/cm². Pada penelitian ini reduksi CO₂ menjadi CH₃OH akan menggunakan elektrolit KHCO₃ pada sisi katoda dengan variasi konsentrasi 0,1 M; 0,4 M; 0,7 M; 1 M dan 1,3 M

dengan H₂O disisi anoda. Serta penggunaan H₂SO₄ disisi anoda dengan konsentrasi terbaik dari KHCO₃ disisi katoda menggunakan MEA (*Membrane Electrode Assembly*) sebagai pusat reaksi elektrokimia. Menggunakan katalis Cu₂O-ZnO/C 40% b/b dengan rasio massa Cu₂O-ZnO (1:1) dan pemuatan katalis (1 mg/cm²) yang berada di katoda sedangkan katalis Pt/C dengan pemuatan katalis (1 mg/cm²) pada anoda. Elektroda yang dibuat akan dilakukan beberapa karakterisasi, diantaranya karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD), *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). CH₃OH yang dihasilkan akan dianalisis menggunakan *Methanol analyzer*.

1.2 Rumusan Masalah

Reduksi elektrokimia CO₂ perlu dilakukan dikarenakan keberadaan gas CO₂ yang telah berdampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Karena reduksi CO₂ menjadi CH₃OH membutuhkan enam elektron, reaksi reduksi dianggap lambat dan membutuhkan waktu yang lama secara kinetik. Oleh karena itu diperlukan bahan katalitik dan elektrolit yang lebih efektif. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana cara membuat dan karakterisasi elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C dan bagaimana pengaruh konsentrasi larutan elektrolit terhadap hasil reaksi terhadap hasil produk.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat dan mengkarakterisasi elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C menggunakan alat XRD, metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
2. Menentukan konsentrasi elektrolit KHCO₃ terhadap persen konversi CO₂ menjadi CH₃OH secara reduksi elektrokimia menggunakan elektrolit KHCO₃ dan elektroda yang mengandung katalis Cu₂O-ZnO/C di katoda.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk menghasilkan bahan bakar CH₃OH yang diproduksi dari CO₂ secara reduksi elektrokimia dengan katalis Cu₂O-ZnO/C

sebagai katoda, *Membran Electrode Assembly* (MEA) sebagai membran elektrolit, Pt/C sebagai anoda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd, Ammar Ali, Naji, Samah Zaki, Hashim, Atheer Saad and Oteman, Mohd Roslee. 2020. Carbon dioxide removal through physical adsorption using carbonaceous and non-carbonaceous adsorbents: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 8(5). 104142.
- Al-Kalbani, H., Xuan, J., Garcia, S and Wang, H. 2016. Comparative energetic assessment of methanol production from CO₂ Chemical versus electrochemical process. *Journal of Applied Energi*. 165. 1–13.
- Albo, J., Alvarez-Guerra, M., Castano, P and A, I. 2015. Green Chemistry Towards the electrochemical conversion of carbon dioxide into methanol. *Journal of Green Chemistry*. 17(4). 2304–2324.
- Amin, H. M. A., Uchida, Y., Batchelor-McAuley, C., Katelhon, E and Compton, R. G. 2018. Non-triangular potential sweep cyclic voltammetry of reversible electron transfer: Experiment meets theory. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 815(2). 24–29.
- Andriani, V. 2007. *Skripsi. Pengembangan Sensor Voltametri N₂O Dengan Optimalisasi Polarisasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit*.
- Avcioglu, G. S., Ficicilar, B and Eroglu, I. 2016. Effect of PTFE nanoparticles in catalyst layer with high Pt loading on PEM fuel cell performance. *International Journal of Hydrogen Energy*. 41(23): 10010–10020.
- Babamoradi, M., Sadeghi, H., Azimirad, R and Safa, S. 2018. Enhancing photoresponsivity of ultraviolet photodetectors based on ZnO/ZnO:Eu (x = 0, 0.2, 1, 5 and 20 at.%) core/shell nanorods. *Optik*. 167(1) : 88–94.
- Barat, W. O. B. 2011. *Pemanfaatan Karbondioksida (CO₂) Untuk Optimalisasi Pertumbuhan Rumput Laut Kappaphycus alvarezii*.skripsi. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Cao, Z. Qian, Wu, M. Zai, Hu, H. Bo, Liang, G. Jin, and Zhi, C. Yi. 2018. Monodisperse Co₉S₈ nanoparticles in situ embedded within N, S-codoped honeycomb-structured porous carbon for bifunctional oxygen electrocatalyst in a rechargeable Zn–air battery. *Journal of NPG Asia Materials*. 10(7) : 670–684.
- Carmo, M., Keeley, G. P., Holtz, D., Grube, T., Robinius, M., Muller, M., and Stolten, D. (2019). PEM water electrolysis: Innovative approaches towards catalyst separation, recovery and recycling. *International Journal of Hydrogen Energi*. 44(7). 3450–3455.
- Dewi, Anggraeni Kumala. 2017. *Pengaruh Alur Suhu Teriadap Kualitas Kristal Sn(Seo,T Teol) Hasil Preparasi Dengan Teknik Bridgma}I Untuk Aplikasi Sel Surya*.Skripsi.

- Fitriani, L. 2012. *Studi Reaksi Reduksi Co₂ Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu*. Skripsi. Universitas Indonesia: Jakarta
- Frey, T and Linardi, M. 2004. Effects of membrane electrode assembly preparation on the polymer electrolyte membrane fuel cell performance. *Electrochimica Acta*. 50(1). 99–105.
- Gao, D., Cai, F., Wang, G and Bao, X. 2017. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry Nanostructured heterogeneous catalysts for electrochemical reduction of CO₂. *Journal of Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 3(1): 39–44.
- Heifetz, A., Barker, O., Verquin, G., Wimmer, N., Meutermans, W., Pal, S., Law, R. J., and Whittaker, M. 2013. Fighting obesity with a sugar-based library: Discovery of novel MCH-1R antagonists by a new computational-VAST approach for exploration of GPCR binding sites. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 53(5). 1084–1099.
- Huy, H. A., Man, T. Van, Tai, H. T and Van, H. T. T. 2016. Preparation and characterization of high-dispersed Pt/C nano-electrocatalysts for fuel cell applications. *Journal of Science and Technology*. 54(4). 472–482.
- Konig, M., Vaes, J., Klemm, E., & Pant, D. 2019. Solvents and Supporting Electrolytes in the Electrocatalytic Reduction of CO₂. *Journal of IScience*. 19(1): 135–160.
- Kumar, N., Parui, S. S., Limbu, S., Mahato, D. K., Tiwari, N., & Chauhan, R. N. (2020). Structural and optical properties of sol-gel derived CuO and Cu₂O nanoparticles. *Materials Today. Journal of Chems*. 1(1): 8–12.
- Le, M. T. H. (2011). Electrochemical reduction of CO₂ to methanol. *Chemical Engineering*, 1(1), 1–66.
- Lestariningsih, T., Sabina, Q and Majid, N. 2017. Pusat Penelitian LIPI, Kawasan PUSPITEK Serpong Gd. 440-442 Tangerang Selatan. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia* 07(01) 31–37.
- Li, Y., Ge, M., Wang, J., Guo, M., Liu, F., Han, M., Xu, Y., and Zhang, L. 2020. Dehydrogenation of isobutane to isobutene over a Pt-Cu bimetallic catalyst in the presence of LaAlO₃ perovskite. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 1(1) :1-14.
- Mohd Hanif, A. S. B., Mohamad, F. B and Bin Zakaria, R. Z. 2015. Cyclic voltammetry measurement for n-type Cu₂O thin film using copper acetate-based solution. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 10(19). 8562–8568.
- Okaya, K., Yano, H., Uchida, H and Watanabe, M. 2010. Control of particle size of Pt and Pt alloy electrocatalysts supported on carbon black by the

- nanocapsule method. *ACS Applied Materials and Interfaces*. 2(3). 888–895.
- Rifal, M and Sinaga, N. 2018. Kaji Eksperimental Rasio Metanol-Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar , Emisi Gas Buang , Torsi Dan Daya. *Infrastructure and Science Engineering*. 1(1). 47–54.
- Riyanto. 2012. Elektrokimia Dan Aplikasinya. *Graha Ilmu*, 1. edisi pertama: Yogyakarta.
- Rohendi, D and Adnan, Y. 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Penelitian Sains*. 13(1). 13206–13232.
- Rohendi, D., Herianto, E and Bakar, A. 2013. Characterization of electrodes and performance test on MEAs with varying platinum content and under various operational conditions. *International Journal of Hydrogen Energi*. 38(2013). 9431–9437.
- Rohmad, M. 2015. preparasi lapisan tipis ZnO dengan metode elektrodeposisi untuk aplikasi dye-sensitized solar cell (DSSC). *Journal Of Chemistry*. 1(1) : 1-22.
- Saffar, M. A., Eshaghi, A and Dehnavi, M. R. 2021. Fabrication of superhydrophobic, self-cleaning and anti-icing ZnO/PTFE-SiO₂ nanocomposite thin film. *Materials Chemistry and Physics*. 259(10). 124085.
- Samiaji, T. 2011. Gas CO₂ Di Wilayah Indonesia. *Jurnal Berita Dirgantara*. 12(2). 68–75.
- SAS. 2014. Conductivity-Theory and Practice. *Journal Of Analytical Radiometer*. 1(1). 1–50.
- Shironita, S., Karasuda, K., Sato, K and Umeda, M. 2013. Methanol generation by CO₂ reduction at a Pt-Ru/C electrocatalyst using a membrane electrode assembly. *Journal of Power Sources*. 240 (1). 404–410.
- Shyamal, S., Maity, A., Satpati, A. K and Bhattacharya, C. 2019. Development of Cu₂O thin films under the influence of electrochemical impedance: Applications in improved photoelectrochemical water reduction. *Electrochimica Acta*. 308(1). 384–391.
- St-Pierre, J and Zhai, Y. 2020. Impact of the cathode PT loading on PEMFC contamination by several airborne contaminants. *Journal of Molecules*. 25(5):1-30.
- Taha, A., Da'na, E and Hassanin, H. A. 2021. Modified activated carbon loaded with bio-synthesized Ag/ZnO nanocomposite and its application for the removal of Cr (VI) ions from aqueous solution. *Surfaces and Interfaces*. 23(10). 100928.
- Taifan, W., Boily, J. F and Baltrusaitis, J. 2016. Surface chemistry of carbon dioxide revisited. *Surface Science Reports*. 71(4). 595–671.

- Topnani, N., Kushwaha, S and Athar, T. 2010. Wet Synthesis of Copper Oxide Nanopowder. *International Journal of Green Nanotechnology: Materials Science and Engineering*. 1(2) : 1-22
- Wulandari, R. 2018. *Karakterisasi Membrane Electrode Assembly (Mea) Dengan Katalis Pt-Ru / C Menggunakan Metode Catalyst-Coated Membrane (Ccm) Dan Uji Kinerja Pada Direct Methanol Fuel Cell (Dmfc)*. 1(1) :1-44.
- Xu, Z., Zhang, H., Zhong, H., Lu, Q., Wang, Y and Su, D. 2012. Effect of particle size on the activity and durability of the Pt/C electrocatalyst for proton exchange membrane fuel cells. *Applied Catalysis B: Environmental*. 111(112) : 264–270.
- Yuan, H., Qian, X., Luo, B., Wang, L., Deng, L and Chen, Y. 2020. Carbon dioxide reduction to multicarbon hydrocarbons and oxygenates on plant moss-derived , metal-free , in situ nitrogen-doped biochar. *Science of the Total Environment*. 739(2020). 140340.