

**KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO₂) MENJADI METANOL DENGAN
METODE ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN GDE (*GAS DIFFUSION
ELECTRODE*) DENGAN ELEKTROLIT KHCO₃ DI KATODA**

SKRIPSI

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



OLEH :

SABRINA ANASTASYA

08031281823046

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO₂) MENJADI METANOL DENGAN
METODE ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN GDE (*GAS DIFFUSION
ELECTRODE*) DENGAN ELEKTROLIT KHCO₃ DI KATODA**

SKRIPSI

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

**Sabrina Anastasya
08031281823046**

Mengetahui,

Indralaya, 28 Juni 2022

Pembimbing



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

Dekan FMIPA



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Makalah Tugas Akhir Sabrina Anastasya / 08031281823046 dengan judul “Konversi Karbon Dioksida (CO_2) Menjadi Metanol Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan GDE (*Gas Diffusion Electrode*) Dengan Elektrolit KHCO_3 Di Katoda” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 22 Juni 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 28 Juni 2022

Pembimbing

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



Penguji

1. **Dr. Ady Mara, M.Si**
NIP. 196404301990031003
2. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si**
NIP. 196808271994022001




Mengetahui,

Dekan FMIPA

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

NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M.Si

NIP. 196903041994122001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Sabrina Anastasya

NIM : 08031281823046

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, 28 Juni 2022

Penulis



Sabrina Anastasya

NIM. 08031281823046

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


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

Nama Mahasiswa : Sabrina Anastasya
NIM : 08031281823046
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Konversi Karbon Dioksida (CO₂) Menjadi Metanol Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan GDE (*Gas Diffusion Electrode*) Dengan Elektrolit KHCO₃ Di Katoda”. 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 28 Juni 2022



Sabrina Anastasya

NIM. 08031281823046

HALAMAN PERSEMBAHAN

- 1 Korintus 10:31 “Apapun yang kamu lakukan, perbuatlah untuk kemuliaan Tuhan”.
- Yesaya 55:8 “Sebab rancangan-Ku bukanlah rancanganmu, dan jalanmu bukanlah jalan-Ku, demikianlah firman Tuhan”.
- Matius 21:22 “Dan apa saja yang kamu minta dalam doa dengan penuh kepercayaan, kamu akan menerimanya”.
- Matius 7:7-8 “Mintalah maka akan diberikan kepadamu; carilah maka kamu akan dibukakan bagimu. Karena setiap orang yang mencari mendapat dan setiap orang yang mengetok, baginya pintu akan dibukakan”.

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada Tuhan Yesus Kristus.

Dan kupersembahkan kepada :

1. Bapak, Mama, Martina, Riris, Christian dan Lucky yang telah memberikan semangat dan support dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan.
2. Seluruh keluarga tercinta.
3. Pembimbing dan teman-temanku.
4. Diriku sendiri yang telah berjuang sampai dititik ini.
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya).

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya serta memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Konversi Karbon Dioksida (CO₂) Menjadi Metanol Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan GDE (*Gas Diffusion Electrode*) Dengan Elektrolit KHCO₃ Di Katoda”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulisan skripsi ini melalui proses yang tidak terlepas dari rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data, pengolahan data hingga dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril selesai sudah penulisan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Serta tak lupa juga penulis mengucapkan rasa terimakasih selaku dosen Pembimbing Akademik sekaligus orang tua kedua bagi penulis di dalam lingkungan kampus yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi selama menjalani proses perkuliahan selama empat tahun, mengajarkan penulis hal-hal baik tentang pelajaran kehidupan serta nasihat yang selalu disampaikan untuk meningkatkan kemampuan pengembangan diri penulis sehingga termotivasi untuk meningkatkan kualitas diri secara terus menerus.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si selaku penguji siding sarjana yang telah memberikan masukan dan saran serta nasihat bagi penulis untuk skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si selaku dosen penguji siding sarjana yang telah memberikan masukan dan saran bagi penulis untuk skripsi ini.
6. Bapak Zainal Fanani, M.Si yang telah memberikan penulis kesempatan dalam mengikuti kegiatan PMW Unsri 2021.
7. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA, Bapak Drs. Robinson Sitepu, M.Si, Bapak Dr. Dedi Setiabudidaya, M.Sc dan Ibu Irmeilyana, M.Si yang telah mendidik, memberikan ilmu pengetahuan dan membimbing penulis selama masa perkuliahan di Universitas Sriwijaya.
8. Kepada Bapak Liston Sitorus dan Mama Mahdalena Carolina Simangunsong sebagai orangtua tercinta yang selalu ada bagi penulis untuk memberikan doa, dukungan serta motivasi, rasa sayang dan cinta yang tak terhingga sampai saat ini yang selalu menjadi alasan bagi penulis dalam meraih pencapaian yang bisa didapatkan hingga kini sampai seterusnya.
9. Kepada Martina Dwiputri Sitorus, Riris Regina Febriyanti Sitorus, Christian Oktavianus Sitorus dan Lucky Moreno Rafael Sitorus adik-adiku yang selalu menyemangati, mendoakan penulis selama perkuliahan.
10. Kepada angkatan 18 (LAPAS) BATIC'S Deni Nababan, Elfrida Simatupang, Fresantoso Sitorus, Friando Simanungkalit, Imanuel Panjaitan, Indah Sitohang, Kristina Situmorang, Lasta Sinaga, Lita Berampu, Rijal Sitorus, Silvia Nainggolan dan Widya Gultom yang telah mendukung, membantu dan menyemangati penulis selama masa perkuliahan serta mengarungi kehidupan di Indralaya.
11. Kepada member SGS Fadhila Annisa. M, Marya A. Tarigan, Rotua Natalia. M, Salsabila Aska. P, Vika Putri. S yang telah membantu, menyemangati serta mendengar suka cita maupun keluh kesah penulis selama masa perkuliahan, orang-orang pertama yang paling mengetahui sedih dan senangnya penulis selama proses pengerjaan skripsi,

mengarungi indahnya kehidupan selama di kimia yukk kita harus jadiin liburan guys.

12. Kepada Team “Kulkas Hilang” Delima br. Sihombing, Marya Tarigan, Natalia Manalu yang telah menyemangati, menemani, mendengar keluhan penulis selama penelitian hingga penyusunan skripsi selesai, sukses ya kita semua jadi orang yang selalu bisa bangga orang tua jadi garam dan terang dunia Tuhan Yesus bagi orang sekitar.
13. Kepada mentor PUR Kak Dwi, Kak Icha dan Kak Reka yang telah mengajari, memberi arahan dan petunjuk kepada penulis selama masa penelitian dan penyusunan skripsi sehingga penulis dapat mengerjakan tugas akhir hingga selesai.
14. Kepada teman penelitian di PUR Irma, Anin, Devi yang menemani serta senantiasa membantu selama masa penelitian di PUR sehingga penelitianku dapat berjalan dengan lancar.
15. Kepada Kak Yuliana Sialagan kakak tingkat yang telah banyak membantu penulis mulai awal masuk kuliah, memberi banyak nasihat dan masukan tentang perkuliahan dan kehidupan setelah perkuliahan.
16. Kepada Valen dan Nisa sahabat semasa SMA yang selalu mendukung, memberi semangat selalu kepada penulis hingga akhir masa perkuliahan.
17. Kepada Lois sahabat seperkuliahan berbeda alam yang selalu menjadi teman bertukar pikiran, berbagi cerita tentang perkuliahan dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
18. Kepada Getsemani Squad Marya, Rani, Nata, Kak Yohana, Bang Jonathan, Antonia dan John yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan untuk pelayanan di PDO Getsemani MIPA, bertumbuh dalam iman bersama.
19. Teman seperjuangan kimia 2018 serta adik tingkat 2019, 2020 dan 2021 yang telah kebersamai sebagai keluarga satu almamater.
20. Kepada Mba Novi dan Kak Chosiin selaku admin jurusan kimia yang telah berbaik hati banyak membantu kelancaran proses perkuliahan hingga tugas akhir selesai.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran serta masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 28 Juni 2022

Penulis

SUMMARY

CONVERSION OF CARBON DIOXIDE (CO₂) INTO METHANOL BY ELECTROCHEMICAL METHOD USING GDE (GAS DIFFUSION ELECTRODE) WITH ELECTROLYTE KHCO₃ AT THE CATHODE

Sabrina Anastasya: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M. T.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

ix+ 56 Pages, 7 Tabela, 9 Figures, 6 Attachments

One of the ways to reduce excess CO₂ on earth can be in the form of converting CO₂ into methanol. The preparation and characterization of Cu₂O-ZnO/C and Pt/C electrodes with their application in the conversion of CO₂ to methanol by electrochemical reduction method using Gas Diffusion Electrode (GDE) as electrolyte membrane have been carried out. The electrodes were cast by spraying method and immerse into KHCO₃ electrolyte to know the electrochemical performance.

Cyclic Voltammetry (CV) analysis used to determine the value of Electrochemical Catalyst Surface Area (ECSA) of electrode indicate Cu₂O-ZnO/C electrode as 36.19 cm²/g and the Pt/C electrode as 324.08 cm²/g with scan rate 25 mV/s. Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) analysis was performed to obtain the conductivity value of Cu₂O-ZnO/C electrode was 0.012 x 10⁻³ S/cm and Pt/C electrode got a conductivity value was 0.041 x 10⁻³ S/cm. Measurement of pH was carried out to find its effect on the conversion of CO₂ into methanol. Converted methanol with electrolyte variation of KHCO₃ 1M has the lowest pH of 5.1. Current measurement were carried out during operation time and showed a stable current at 1M KHCO₃ variation. The result of the conversion of CO₂ to methanol were measured by a methanol analyzer which showed the highest percentage of methanol in 1M electrolyte concentration of 3.45%.

Keywords : GDE, methanol analyzer, CO₂ conversion, Cu₂O-ZnO/C, Pt/C, conductivity value, ECSA, methanol.

Sitation : 46 (2007-2021).

RINGKASAN

KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO₂) MENJADI METANOL DENGAN METODE ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN GDE (GAS DIFFUSION ELECTRODE) DENGAN ELEKTROLIT KHCO₃ DI KATODA

Sabrina Anastasya: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M. T.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
ix + 56 Halaman, 7 Tabel, 9 Gambar, 6 Lampiran

Salah satu cara mengurangi kadar gas CO₂ berlebih di bumi dapat berupa konversi gas CO₂ menjadi metanol. Pembuatan elektroda Cu₂O-ZnO/C dan Pt/C serta karakterisasi dan pengaplikasiannya pada konversi CO₂ menjadi metanol dengan metode reduksi elektrokimia menggunakan *Gas Diffusion Electrode* (GDE) sebagai membran elektrolit telah dilakukan. Pembuatan elektroda dilakukan menggunakan metode *spraying* dengan variasi konsentrasi elektrolit KHCO₃ untuk diketahui kinerja elektrokimianya.

Hasil pengujian *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mengetahui nilai luas permukaan aktif katalis secara elektrokimia (*Electrochemical Surface Area / ECSA*) dari elektroda menunjukkan nilai ECSA pada elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C sebesar 36,19 cm²/g dan elektroda dengan katalis Pt/C sebesar 324,08 cm²/g dengan laju telusur 25 mV/s. Analisis *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) dilakukan untuk mendapatkan nilai konduktivitas dari elektroda yang digunakan. Nilai konduktivitas listrik dari elektroda Cu₂O-ZnO/C didapat sebesar 0,012 x 10⁻³ S/cm dan elektroda Pt/C mendapat nilai konduktivitas sebesar 0,041 x 10⁻³ S/cm. Pengukuran pH dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap konversi CO₂ menjadi metanol. Metanol hasil konversi dengan variasi elektrolit KHCO₃ 1M memiliki pH terendah sebesar 5,1 Pengukuran arus dilakukan selama waktu operasi dan menunjukkan arus stabil pada variasi KHCO₃ 1 M. Hasil konversi CO₂ menjadi metanol diukur dengan *methanol analyzer* yang menunjukkan persentase metanol tertinggi pada elektrolit konsentrasi 1 M sebesar 3,45%.

Kata kunci : GDE, *methanol analyzer*, konversi CO₂, Cu₂O-ZnO/C, Pt/C, nilai konduktivitas, ECSA, metanol.

Sitasi : 46 (2007-2021).

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
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 LATAR BELAKANG	4
2.1 Karbon Dioksida	4
2.2 Konversi Karbon Dioksida.....	5
2.4 Metanol	7
2.5 Elektrolit.....	8
2.6 Elektroda	9

2.7 Logam yang Sering Digunakan Sebagai Elektroda	9
2.8 Tembaga Oksida Untuk Katalis di Elektroda.....	10
2.9 Seng Oksida sebagai Campuran Tembaga Oksida di Elektroda.....	11
2.10 Karakterisasi Katalis	11
2.10.1 Cyclic Voltammetry (CV).....	11
2.10.2 Konduktivitas Elektrik.....	13
2.11 Methanol Analyzer.....	14
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.1 Bahan	16
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 Preparasi Katalis Cu ₂ O-ZnO/C	16
3.3.2 Pembuatan Gas Diffusion Layer (GDL)	16
3.3.3 Pembuatan Elektroda	17
3.3.4 Karakterisasi Elektroda.....	17
3.3.5 Konversi CO ₂ Menjadi CH ₃ OH secara Elektrokimia	18
3.3.6 Pengukuran Arus.....	19
3.3.7 Destilasi.....	19
3.3.8 Pengukuran pH.....	19
3.3.9 Identifikasi Produk dan Analisis Data	19
3.3.10 Analisis Data.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pembuatan Elektroda	22
4.2 Karakterisasi Elektroda	23

4.2.1 Hasil analisis <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	23
4.2.2 Analisis Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)	25
4.3 Pengukuran Arus	27
4.4 Pengukuran pH	28
4.5 Persentase Kadar Metanol Hasil Konversi dan Persentase Karbon Dioksida (CO ₂) Terkonversi pada Konsentrasi KHCO ₃ Bervariasi ...	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	39
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 GDE, terdiri dari kolektor arus, lapisan difusi gas dan lapisan katalis, CL	7
Gambar 2 Elektroda pada Cyclic Voltammetry	12
Gambar 3 Elektroda Pt/C dan Cu ₂ O-ZnO/C	23
Gambar 4 Kurva Voltammogram dari elektroda dengan katalis Cu ₂ O-ZnO/C	24
Gambar 5 Kurva Voltammogram dari elektroda dengan katalis Pt/C	24
Gambar 6 Hasil fitting kurva Nyquist elektroda Cu ₂ O-ZnO/C dan Pt/C	26
Gambar 7 Pengukuran arus selama proses konversi	27
Gambar 8 Pengukuran pH larutan elektrolit KHCO ₃ murni, sebelum konversi dan sesudah konversi.....	28
Gambar 9 Reaksi CO ₂ terhadap katalis heterogen Cu ₂ O-ZnO/C.....	30
Gambar 10 Persentase CO ₂ Terkonversi pada Variasi Konsentrasi KHCO ₃	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Reaksi elektrokimia untuk konversi CO ₂ menjadi CH ₃ OH di bawah kondisi standar	6
Tabel 2 Nilai ECSA elektroda Cu ₂ O-ZnO/C dan Pt/C	20
Tabel 3 Nilai Konduktivitas Elektroda Cu ₂ O-ZnO/C dan Pt/C	21
Tabel 4 Hasil Pengukuran Metanol menggunakan <i>Methanol Analyzer</i>	21
Tabel 5 Hasil Nilai ECSA elektroda Cu ₂ O-ZnO/C dan Pt/C	25
Tabel 6 Hasil Nilai Konduktivitas Elektroda Cu ₂ O-ZnO/C dan Pt/C	26
Tabel 7 Hasil Pengukuran Metanol Menggunakan <i>Methanol Analyzer</i>	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Bagan Alir Penelitian	40
Lampiran 2 Skema Pengujian Reduksi Elektrokimia CO ₂	41
Lampiran 3 Tabel dan Kurva Hasil Pengukuran <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	42
Lampiran 4 Data <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) dan Hasil Nilai Konduktivitas	46
Lampiran 5 Perhitungan untuk faktor konversi CO ₂	48
Lampiran 6 Gambar Alat dan Bahan Penelitian	54

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer bumi semakin meningkat secara terus menerus. Kadar gas CO_2 setelah era revolusi industri mencapai 390 ppm dan akan diperkirakan meningkat hingga 570 ppm di akhir abad dua puluh satu. Salah satu sumber utama meningkatnya kadar CO_2 di atmosfer bumi ini karena efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (Saputro dan Fiki, 2017). Permasalahan global tentang tingginya kadar CO_2 memiliki dampak buruk terhadap iklim dunia. Beberapa hal yang dapat menyebabkan peningkatan gas CO_2 dipicu oleh banyaknya penggunaan energi yang menghasilkan gas CO_2 seperti penggunaan kendaraan bermotor dan polusi yang dihasilkan oleh pabrik industri. Salah satu cara yang dapat diaplikasikan untuk mengurangi kadar gas CO_2 merupakan konversi CO_2 menjadi senyawa metanol. Beberapa metode telah dilakukan untuk mengkonversi senyawa berbasis CO_2 diantaranya termokimia, radiokimia, biokimia, fotokimia dan elektrokimia (Ramadan dan Riyanto, 2016).

Penelitian tentang reduksi elektrokimia CO_2 dilakukan karena dampaknya signifikan sebagai solusi permasalahan energi dan lingkungan. Metode ini sumber energi listriknya berasal dari sumber energi terbarukan yang mudah ditemukan seperti matahari, angin, nuklir yang fungsinya untuk transport elektron. Reaksi reduksi elektrokimia CO_2 dengan elektrokatalis efisien akan menghasilkan senyawa yang mengandung kadar metanol besar dan dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar yang konvensional sehingga ketergantungan bumi terhadap bahan bakar fosil berkurang (Le, 2011).

Kelebihan reduksi gas CO_2 menggunakan metode elektrokimia antara lain selektivitas terhadap produk yang dihasilkan di katoda berupa senyawa alkohol. Selain itu kelebihan lainnya alat dan bahan yang digunakan pada metode ini sederhana serta ekonomis. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi reduksi elektrokimia CO_2 dapat berupa elektroda, kondisi saat reaksi berlangsung, komposisi bahan, konsentrasi bahan yang digunakan serta pH larutan elektrolit yang digunakan dalam metodenya (Fitriani, 2012).

Reduksi elektrokimia karbon dioksida telah dilakukan dengan berbagai elektroda seperti Co, Ni, Ti, Cu dan Ag. Diantara elektroda tersebut dalam pembentukan senyawa metanol elektroda Cu menunjukkan efisiensi faraday yang tinggi. Elektroda Cu memiliki berbagai kelebihan yaitu harga yang ekonomis jika dibandingkan dengan elektroda lainnya dan selektifitasnya tinggi terhadap pembentukan senyawa CH_3OH yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan (Fitriani, 2012).

Pembuatan senyawa CH_3OH dengan metode reduksi elektrokimia CO_2 biasanya digunakan katalis industri campuran senyawa Cu-Zn-Al. Pembentukan CH_3OH stabil pada Cu dengan ZnO. Kestabilan ini menjadi faktor utama dalam mempertahankan aktivitas katalitik. Hal ini dikarenakan ZnO mampu menstabilkan senyawa Cu dengan cara menghilangkan pengotor yang membuat logam Cu terdeaktivasi (Albo *et al.*, 2015). Sebelumnya telah dilakukan penelitian reduksi elektrokimia CO_2 menggunakan elektroda Cu dalam larutan NaHCO_3 konsentrasi 0,65 M yang menunjukkan efisiensi konversi 42,5% (Fitriani, 2012). Oleh karena itu penelitian ini menggunakan elektroda logam $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ di katoda.

Pengaruh elektrolit dalam reduksi CO_2 pada elektroda Cu dengan cara mencari kemungkinan dalam beberapa larutan seperti NaHCO_3 , NaH_2PO_4 , NaCl , NaClO_4 , Na_2SO_4 , LiHCO_3 , dan KHCO_3 yang konsentrasinya bervariasi. Hasil dari perbandingan dan pengujian senyawa tersebut diketahui larutan KHCO_3 optimum pada setiap konsentrasi elektrolit. Studi aktivitas elektrokatalitik logam Cu pada reduksi CO_2 telah dilakukan dalam larutan KHCO_3 0,5 M pada elektroda lapis tipis, disimpan dengan elektrodeposisi menggunakan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO}$ dengan rasio massa Cu_2O dan ZnO masing - masing 1:0,5; 0,5:1; 1:1; 1:2 dan menghasilkan efektifitas katalis terbaik pada perbandingan $\text{Cu}_2\text{O}:\text{ZnO}$ sebesar 1:1, sehingga digunakan katalis dengan rasio tersebut (Albo *et al.*, 2015).

Salah satu metode yang digunakan dalam reduksi elektrokimia CO_2 untuk menghasilkan CH_3OH adalah menggunakan *Gas Diffusion Electrode* (GDE). GDE banyak digunakan dalam alat pengkonversi energi elektrokimia seperti *electrolyzer*. Sifat CO_2 tidak mudah larut dalam elektrolit menyebabkan kesulitan untuk mencapai tingkat konversi CO_2 yang baik. Cara untuk mengatasi hal ini adalah reaktor yang bekerja menggunakan CO_2 dikirim ke katoda dalam fasa gas. GDE

dapat membantu untuk mencapai proses konversi CO₂ dengan cara mengubah fase CO₂ di katoda menjadi uap untuk dikonversi dalam reaktor (Higgins, *et al.*, 2018).

Penelitian (Albo, 2015) konversi CO₂ menjadi senyawa CH₃OH dengan elektroda Cu₂O-ZnO/C dengan rasio massa yang bervariasi tanpa menggunakan larutan elektrolit menunjukkan hasil terbaik pada rasio massa (1:1). Konversi CO₂ menjadi CH₃OH akan menggunakan elektrolit KHCO₃ pada sisi katoda dengan variasi konsentrasinya 0,1 M; 0,4 M; 0,7 M; 1 M dan 1,3 M dan H₂O disisi anoda. Digunakan katalis Cu₂O-ZnO/C 40% b/b dengan rasio massa Cu₂O-ZnO (1:1) di katoda dan katalis Pt/C berada di anoda. Elektroda yang dibuat akan dikarakterisasi menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk pengukuran aktivitas katalitik elektrokimia dan konduktivitas elektrik menggunakan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). CH₃OH hasil konversi akan dianalisis menggunakan *Methanol analyzer* untuk diketahui kadar metanol dan persentase CO₂ terkonversi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat dan mengkarakterisasi elektroda dengan elektrolit KHCO₃ yang akan digunakan dalam GDE untuk elektrolisis CO₂?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi elektrolit KHCO₃ terhadap produksi metanol dari CO₂ dengan metode elektrokimia?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat dan melakukan karakterisasi terhadap elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C dan Pt/C menggunakan alat CV dan EIS.
2. Menentukan variasi konsentrasi elektrolit KHCO₃ terbaik terhadap persen konversi gas CO₂ yang menghasilkan CH₃OH dengan metode elektrokimia.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah mengubah CO₂ menjadi metanol sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan metode elektrokimia menggunakan katalis Cu₂O-ZnO/C di katoda, *Gas Diffusion Electrode* (GDE) sebagai membran elektrolit dan Pt/C di anoda.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Alekseenko, A. A., Guterman, V. E., Volochaev., V. A., and Belenov, S. V. 2015. Effect of Wet Synthesis Conditions on the Microstructure and Active Surface Area of Pt/C Catalysts. *Inorganis Materials*. 51(12). 1258-1263.
- 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.
- 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.
- Balgies, Dewi, S. U., and Dahlan, K. 2011. Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan Analisis X-Ray Diffraction. *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X ke 8*. 1410-7686. 10-13.
- Brito, J. F. D., Angela, R. A., Krishan, R., and Maria, V. B. Z. 2015. Photoelectrochemical reduction of CO₂ on Cu/Cu₂O films: Product distribution and pH effects. *Chemical Engineering Journal*. 264 : 302-309.
- 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.
- Fitriani, L. 2012. *Studi Reaksi Reduksi Co₂ Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu*. Skripsi. Universitas Indonesia: Jakarta
- 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.
- Hakim, M. H., Pangesu, H., and Riyanto. 2015. Studi Konversi Karbon Dioksida dengan Teknik Reduksi Elektrokimia Menggunakan Elektroda Tembaga. *Prosiding SNIJA*. 6(1). 143-146.
- 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.
- Higgins, D. C., Hahn, C., Xiang, C., Jaramillo, T. F., and Weber, A. Z. 2018. Gas-Diffusion Electrodes for Carbon-Dioxide Reduction: A New Paradigm. *ACS Paragon Plus Environment*. 2(1). 1-18.
- Irwan, F., Afdal., dan Arlinda, I. 2016. Kajian Hubungan Konduktivitas Listrik Dengan Konsentrasi Padatan Terlarut Pada Air Permukaan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. 5(1). 1-4.
- Junaedi, A. 2008. Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida. *Jurnal Info Hutan*. 5(1). 1-7.
- 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.
- 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.

- Marlina, E., Wahyudi, S., and Yuliati, L. 2013. Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O Dengan Katalis NaHCO₃. *Jurnal Rekayas Mesin*. 4(1). 53-58.
- Maryanto, A., and Kurniawan, F. 2016. Fabrikasi Elektroda Pembanding Ag/AgCl Menggunakan Membran Poliisoprena dan LDPE. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 5(2). 2337-3520.
- Masscetti, J., Galan, F., and Papai, I. 1999. Carbon Dioxide Interaction With Metal Atoms: Matrix Isolation Spectroscopic Study And DFT Calculations. *Coordination Chemistry Reviews*. 1(1). 557-576.
- Mawaddah, I. 2019. Komparasi Cyclic Dan Linear Sweep Voltammetry Pada Elektrodeposisi CO₃SO₄.7H₂O Dalam Karbon Sebagai Sensor Potensiometri Fosfat. Skripsi Universitas Jember: Jember.
- Mini, M. 2017. Analisa Arus Dan Elektroda Terhadap Penetrasi Hasil Pengelasan. *Jurnal Teknik Mesin*. 6(1). 27-37.
- Mohammed, A. M., Safia, S. M., and Farhana, A. 2021. Cu₂O/ZnO-PANI Ternary Nanocomposite As An Efficient Photocatalyst For The Photodegradation of Congo Red Dye. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 9(105065). 1-16.
- Ningsih, S. K. W. 2015. Studi Cyclic Voltamogram Lapisan Tipis Mn₂O₃ Dan Li-Mn₂O₃ Pada Substrat Kaca Dengan Metoda Dip-Coating Melalui Proses Sol-Gel. *Indonesian Journal Chemistry*. 2(1). 1-5.
- Onggo, H., Syampurwadi, A., and Yudianti, R. 2013. Pembuatan Gas Diffusion Electrode Dengan Teknik Screen Printing: Pengaruh Microporous Layer Terhadap Strukturmikro Dan Kinerja Elektrokatalis. *Indonesian Journal of Materials Science*. 14(4). 253-258.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Rabiee, H., Ge, L., Zhang, X., Hu, S., Li, M., and Yuan, Z. 2021. Gas Diffusion Electrodes (GDEs) For Electrochemical Reduction Of Carbon Dioxide, Carbon Monoxide, And Dinitrogen To Value-Added Products: A Review. *Energy and Environmental Science*. 14(1). 1959-2008.

- Ramadan, R and Riyanto. 2016. Conversion of Carbon Dioxide to Ethanol by Electrochemical Synthesis Method Using Brass as A Cathode. *Eksakta: Jurnal Ilmu-ilmu MIPA*. 1(2). 86-97.
- 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.
- 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.
- Salimy, D. H., and Alimah, S. 2015. HTGR Kogenerasi Produksi Hidrogen Untuk Konversi CO₂ Menjadi Metanol. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. 17(2). 109-119.
- Samiaji, T. 2011. Gas CO₂ Di Wilayah Indonesia. *Jurnal Berita Dirgantara*. 12(2). 68–75.
- Saputro, A. G and Akbar. 2017. Reaksi Hidrogenasi Metoksida Menjadi Metanol pada Klaster Pd₆Ni. *Journal of Science and Applicative Technology*. 1(2). 53-57.
- Sari, R. K. 2016. Potensi Mineral Batuan Tambang Bukit 12 Dengan Metode XRD, XRF DAN AAS. *Eksakta*. 2(1). 13-23.
- SAS. 2014. Conductivity-Theory and Practice. *Journal Of Analytical Radiometer*. 1(1). 1–50.
- 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.
- Sukmawati, T., Fitrihidajati, H., and Indah, N. K. 2015. Penyerapan Karbon Dioksida pada Tanaman Hutan Kota di Surabaya. *LenteraBio*. 4(1). 108-111.
- Susana, T. 2011. Komponen % Volume Nitrogen Oksigen Argon Karbon dioksida Neon Helium Metan Krypton Belerang Dioksida Hidrogen Ni. *Jurnal Oseanografi LIPI*. 1(1). 1-11.
- Taifan, W., Boily, J. F and Baltrusaitis, J. 2016. Surface Chemistry Of Carbon Dioxide Revisited. *Surface Science Reports*. 71(4). 595–671.

- Tang, D., Yin, H., Mao, X., Xiao, W., Wang, D.H., 2013. Effects Of Applied Voltage And Temperature On The Electrochemical Production Of Carbon Powders From CO₂ In Molten Salt With An Inert Anode. *Electrochim.* 4(1), 567–573.
- Yanti, A., Mursiti, S., Widiarti, N., Nurcahyo, B., and Alauhdin, M. 2019. Optimalisasi Metode Penentuan Kadar Etanol dan Metanol pada Minuman Keras Oplosan Menggunakan Kromatografi Gas (KG). *Indonesian Journal of Chemical Science.* 8(1). 53-59.
- 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.* 7(3). 1-9.
- Zhang, D. K., Liu, Y. C., Liu, Y. L., dan Yang, H. 2004. The electrical properties and the interfaces of Cu₂O/ZnO/ITO p–i–n heterojunction. *Physica B.* 3(5). 178-183.