

**PENGARUH JENIS PCA PADA PROSES PEMBUATAN KATALIS Cu_2O -
 ZnO/C TERHADAP PERSENTASE METANOL YANG DIHASILKAN
DARI KONVERSI CO_2 SECARA REDUKSI ELEKTROKIMIA**

SKRIPSI

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



**Oleh :
ERLLY AKBAR GUMAY
08031381924082**

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH JENIS PCA PADA PROSES PEMBUATAN KATALIS Cu_2O - ZnO/C TERHADAP PERSENTASE METANOL YANG DIHASILKAN DARI KONVERSI CO_2 SECARA REDUKSI ELEKTROKIMIA

SKRIPSI

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

Oleh:

ERLLY AKBAR GUMAY

08031381924082

Indralaya, Agustus 2023

**Menyetujui,
Pembimbing**



Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D

NIP. 196704191993031001

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 dengan judul “Pengaruh Jenis PCA Pada Proses Pembuatan Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ Terhadap Persentase Metanol Yang Dihasilkan Dari Konversi CO_2 Secara Reduksi Elektrokimia” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Juli 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, Agustus 2023

Ketua :

1. Widia Purwaningrum, M.Si.
NIP. 197304031999032001

()

Sekretaris :

1. Nova Yulia Sari, M.Si.
NIP. 197307261999032001

()

Pembimbing :

1. Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D.
NIP. 196704191993031001

()

Penguji :

1. Dr. Muhammad Said, M.T
NIP. 197407212001121001

()

2. Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 196006251989031006

()

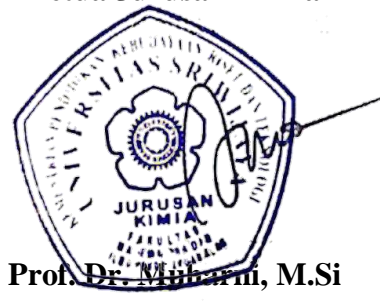
Mengetahui

Dekan FMIPA



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

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Mubarni, M.Si
NIP. 197307261999032001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Erlly Akbar Gumay

NIM : 08031381924082

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, Agustus 2023

Penulis



Erlly Akbar Gumay

NIM. 08031381924082

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

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

Nama : Erlly Akbar Gumay

NIM : 08031381924082

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu 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 saya yang berjudul : “Pengaruh Jenis PCA Pada Proses Pembuatan Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ Terhadap Persentase Metanol Yang Dihasilkan Dari Konversi CO_2 Secara Reduksi Elektrokimia”. Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, 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.

Indralaya, Agustus 2023

Penulis



Erlly Akbar Gumay

NIM. 08031381924082

SUMMARY

**THE EFFECT OF PCA TYPE IN THE PROCESS OF MAKING
CATALYST Cu₂O-ZnO/C ON THE PERCENTAGE OF METHANOL
PRODUCED FROM CO₂ CONVERSION BY ELECTROCHEMICAL
REDUCTION**

Erly Akbar Gumay, Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T

Departement of Chemistry, Faculty of Math and Science, Sriwijaya University

ix + 52 Pages, 3 Table, 9 Pictures, 8 Attachments

Research on electrochemical reduction to produce methanol from the CO₂ conversion process has been carried out. PCA variations affect the characteristics of the Cu₂O-ZnO/C catalyst and the amount of methanol produced in the CO₂ conversion process. In determining the characterization of the catalyst used PSA, BET, SEM-EDX, ECSA and EIS methods. The method used in the CO₂ conversion process is in the form of electrochemical reduction. The electrochemical reduction process to produce methanol was carried out using a Membrane Electrode Assembly (MEA) as the reaction center. Cu₂O-ZnO/C catalyst was used to make electrodes which varied with PCA. The PCA used was methanol PCA and n-hexane PCA. The results of the characterization using the PSA method showed that the particle size of the catalyst using methanol PCA had a greater value than n-hexane PCA, with an average value of 53.82 μm while the particle size of the catalyst using n-hexane PCA was 50.0743 μm. The results of the BET analysis showed that for n-hexane PCA, the pore diameter was 154 Å, the pore volume was 0.521 cm³/g and the surface area was 135.073 m²/g, while for the methanol PCA the pore diameter was 0.199 Å, the pore volume was 56.8 cm³/g and a surface area value of 140.513 m²/g. Based on the results of ECSA calculations and the results of SEM-EDX analysis, the best electrodes were found in electrodes with methanol PCA with a Cu content of 70.028 Wt% with an ECSA value of 0.15 m²/g. Based on the results of EIS calculations, the best electrode is the electrode with n-hexane PCA of 16.36 S/cm. Based on the measurement results, the highest methanol content was found in the methanol PCA of 16.2% v/b in conditions of a stack size of 10 × 10 cm with an electrolysis time of 2 hours.

Keyword : Conversion of CO₂, Metanol, PCA, Cu₂O-ZnO/C, Membrane Electrode Assembly (MEA)

Citation : 55 (2003-2022)

RINGKASAN

**PENGARUH JENIS PCA PADA PROSES PEMBUATAN KATALIS Cu_2O -
 ZnO/C TERHADAP PERSENTASE METANOL YANG DIHASILKAN
DARI KONVERSI CO_2 SECARA REDUKSI ELEKTROKIMIA**

Erly Akbar Gumay, dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

ix + 52 Halaman, 3 Tabel, 9 Gambar, 8 Lampiran

Penelitian reduksi elektrokimia untuk menghasilkan metanol dari proses konversi CO_2 telah dilakukan. Variasi PCA berpengaruh pada karakteristik katalis Cu_2O - ZnO/C dan banyaknya metanol yang dihasilkan pada proses konversi CO_2 . Dalam menentukan karakterisasi katalis digunakan metode PSA, BET, SEM-EDX, ECSA dan EIS. Metode yang digunakan pada proses konversi CO_2 berupa reduksi elektrokimia. Proses reduksi elektrokimia untuk menghasilkan metanol dilakukan menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) sebagai pusat reaksi. Katalis Cu_2O - ZnO/C digunakan untuk pembuatan elektroda yang divariasikan dengan PCA. PCA yang digunakan berupa PCA metanol dan PCA n-heksan. Hasil karakterisasi menggunakan metode PSA didapatkan bahwa ukuran partikel katalis dengan menggunakan PCA metanol mempunyai nilai lebih besar dibandingkan PCA n-heksan, dengan nilai rata rata sebesar 53,82 μm sedangkan ukuran partikel katalis dengan PCA n-heksan sebesar 50,0743 μm . Hasil analisis BET didapatkan bahwa untuk PCA n-heksan, nilai diameter pori sebesar 154 A, volume pori sebesar 0,521 cm^3/g dan *surface area* sebesar 135,073 m^2/g , sedangkan pada PCA metanol nilai diameter pori sebesar 0,199 A, nilai volume pori sebesar 56,8 cm^3/g dan nilai *surface area* sebesar 140,513 m^2/g . Berdasarkan hasil perhitungan ECSA dan hasil analisis SEM-EDX, elektroda terbaik terdapat pada elektroda dengan PCA metanol dengan kadar Cu sebesar 70,028 Wt% dengan nilai ECSA sebesar 0.15 m^2/g . Berdasarkan hasil perhitungan EIS, elektroda terbaik adalah elektroda dengan PCA n-heksan sebesar 16,36 S/cm. Berdasarkan hasil pengukuran kadar metanol paling tinggi diperoleh pada PCA metanol sebesar 16,2% v/b pada kondisi ukuran stack 10 × 10 cm dengan waktu elektrolisis 2 jam.

Kata Kunci : Konversi CO_2 , Metanol, PCA, Cu_2O - ZnO/C , *Membrane Electrode Assembly* (MEA)

Sitasi : 55 (2003-2022)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“...Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)... “

(QS. Ash-Sharh : 5-7)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada Allah Subhanahu Wa Ta'aala

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- Kedua orang tua saya yang selalu memberikan saya doa dan semangat
- Seluruh keluarga saya
- Dosen pembimbing Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.Si., Ph.D
- Dia Faradila yang selalu membantu banyak dalam proses skripsi ini
- Almamaterku Universitas Sriwijaya

“ Diri saya sendiri yang mampu berjuang sampai titik ini. Terimakasih
Erly Akbar Gumay *you can made it* ”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Pengaruh Jenis PCA Pada Proses Pembuatan Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ Terhadap Persentase Metanol Yang Dihasilkan Dari Konversi CO_2 Secara Reduksi Elektrokimia”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih 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 Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
6. Mbak Novi dan Kak Chosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.

7. Ayah dan Mamah, Terima kasih semua do'a dan dukungan yang telah diberikan. Nasihat kebaikan yang selalu menjadi arah langkah dalam kehidupan hingga saat ini. adikku yang menjadi pengingat bahwa ada uang jajan perbulan yang harus diberikan kepadamu ketika saya kerja nanti
8. Almarhum Kakek dan Nenek yang sangat besar perannya dalam perjalanan hidupku.
9. Keluarga Besarku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan dan arahan.
10. Dia Faradila terimakasih sudah banyak berperan dalam berbagai hal dalam proses yang panjang ini, yang membuatku semangat sampai sejauh ini. Terimakasih telah memberi warna baru dalam hidupku.
11. Mentor PUR (Kak Reka, Kak Dwi dan Kak Icha), terimakasih banyak kak atas support dan ilmu yang diberikan. Semoga allah membalas kebaikan-kebaikan kakak-kakak sekalian.
12. Bang Ilyas, terimakasih telah banyak membantu dalam penelitian saya yang banyak memberikan motivasi dan ilmu yang menjadi teman bercerita saat di PUR tanpamu pasti Gumay sudah merasakan kesepian saat di PUR.
13. PUR 2019. (Misbach, Annash, Yollan, Yati, Joy, Intan) terima kasih bantuan yang diberikan selama penelitian. Semangat untuk kehidupan berikutnya teman-teman. Sukses untuk kalian semua.
14. Khadafi, teman dari SMP yang ternyata menjadi teman kuliah juga dan menjadi saksi masuk UNSRI bersama – sama, terimakasih bro telah banyak menemani saat di kosan.
15. Ghifar, Ghaffar, Imam, Eko, Ami, Eli. Terimakasih banyak, walaupun diluar sana banyak teman kuliah tapi menurut saya hanya kalian yang mampu ada disaat saya susah dan senang.
16. Semua pihak yang telah membantu saya baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah Subhanahu Wa Ta'aala. penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
SUMMARY	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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 Karbon Dioksida	4
2.2 Konversi Karbon Dioksida.....	4
2.3 Metanol	5
2.4 Karbon Aktif	6
2.5 Tembaga (Cu) Sebagai Katalis.....	7
2.6 Zinc (Zn)	7
2.7 Platina (Pt) Sebagai Katalis.....	8
2.8 Procces Control Agent (PCA).....	8
2.9 Elektroda	9

2.10	<i>Membrane Electrode Assembly (MEA)</i>	10
2.11	Karakterisasi Katalis	10
2.11.1	Particle Size Analyzer (PSA)	10
2.11.2	Braunaver-Emmet-Teller (BET)	10
2.12	Karakterisasi Elektroda	11
2.12.1	Cyclic Voltametry	11
2.12.2	Konduktivitas Elektrik.....	11
2.12.3	<i>Scanning Electron Mircsocope (SEM-EDX)</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		13
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2	Alat dan Bahan.....	13
3.2.1	Alat	13
3.2.2	Bahan.....	13
3.3	Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1	Pembuatan Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	13
3.3.2	Preparasi Elektroda.....	14
3.3.3	Karakterisasi Katalis.....	14
3.3.4	Karakterisasi Elektroda	14
3.3.5	Pembuatan MEA	15
3.3.6	Konversi CO_2 Menjadi Metanol Secara Reduksi Elektrokimia	15
3.3.7	Analisis Data Menggunakan <i>Methanol Analyzer</i>	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		16
4.1	Pembuatan Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	16
4.2	Karakterisasi Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	16

4.2.1 Analisis PSA.....	16
4.2.2 Analisis BET.....	18
4.3 Pembuatan Elektroda	18
4.4 Karakterisasi Elektroda	19
4.4.1 Analisis SEM-EDX	19
4.4.2 Analisis CV.....	20
4.4.3 Analisis EIS	22
4.5 Hasil Pengujian Konversi CO ₂ menjadi Metanol Secara Reduksi Elektrokimia.....	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	34

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Hasil *Milling* (a) Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan PCA metanol setelah *milling* (b) Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan PCA n-heksan setelah *milling***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. Nilai PSA katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ variasi PCA .**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. Hasil *Spray Gun* (a) Elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ PCA metanol (b) Elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ PCA n-heksan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. Morfologi elektroda hasil analisis SEM-EDX $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ (a) PCA metanol (b) PCA n-heksan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5. Voltamogram elektroda dengan PCA metanol dan n-heksan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. Hasil Pengukuran EIS (a) Kurva Nyquist elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dan *fitting* PCA metanol, (b) Kurva Nyquist elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dan *fitting* PCA n-heksan **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 7. Nilai Konduktivitas elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ variasi PCA**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 8. Reaksi reduksi CO_2 menjadi metanol menggunakan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 9. Grafik Persentase metanol variasi PCA**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Reaksi pembentukan metanol secara reduksi elektrokimia..... **Error!**

Bookmark not defined.

Tabel 2. Data hasil analisis *Brauner Emmet Teller* (BET).. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. Hasil analisis SEM-EDX.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. Nilai ECSA pada variasi PCA metanol dan n-heksan.. **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Skema Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Perhitungan Komponen Katalis	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Perhitungan Nilai ECSA Karakterisasi <i>Cyclic Voltametry</i> (CV)	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Perhitungan Nilai EIS	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5. Data analisis <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA) ...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6. Data Analisis <i>Brauner Emmet Teller</i> (BET)..	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 7. Hasil Analisis SEM.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 8. Alat dan Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyaknya kegiatan industri mengakibatkan ketidakseimbangan antara CO₂ yang dihasilkan dan diserap oleh bumi sehingga menyebabkan terjadinya masalah terhadap lingkungan. Dengan demikian diperlukan metode untuk mengendalikan produksi CO₂ menjadi sesuatu yang bernilai (Jonathan Albo *et al.*, 2015). Selama beberapa tahun terakhir konversi CO₂ menjadi bahan kimia bernilai telah mendapatkan perhatian dari para ilmuwan, salah satunya mengubahnya menjadi metanol. Metanol digunakan dalam pembuatan pelarut seperti asam asetat, minyak, tinta perekat dan masih banyak yang lain. Metanol juga digunakan sebagai bahan bakar dalam *Direct Methanol Fuel Cell* yang berfungsi untuk konversi energi kimia dalam methanol langsung menjadi energi listrik (Al-Saydeh and Zaidi, 2018).

Metode konversi CO₂ menjadi metanol terdiri dari beberapa cara antara lain konversi kimia atau hidrogenasi, reduksi elektrokimia, reduksi fotokimia dan reduksi fotoelektrokimia. Penelitian ini menggunakan metode reduksi elektrokimia dimana CO₂ direduksi secara langsung dalam sel elektrolisis kembali menjadi metanol dalam satu langkah (Al-Saydeh and Zaidi, 2018). Metode reduksi elektrokimia juga mempunyai kelebihan diantaranya selektivitas terhadap produk yang dihasilkan pada katoda berupa senyawa alkohol dan alat dan bahan yang digunakan tidak terlalu mahal (Anastasya, 2022).

Proses reduksi elektrokimia untuk menghasilkan metanol dilakukan menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA). MEA ialah sentral dari reaksi elektrokimia untuk mengubah metanol menjadi bahan bakar, oksigen (oksidan) menjadi energi listrik dan air sebagai hasil sisa atau buangan. MEA merupakan gabungan katoda anoda yang menghimpit pada kedua sisi membran elektrolit (Dedi Rohendi *et al.*, 2016). Efektivitas kerja MEA ditentukan oleh beberapa faktor seperti jenis dan ketebalan gas diffusion layer (GDL), proses pembuatan elektroda, kinerja catalyst layer (CL) dan metode pembuatan MEA. Tiga proses penting terjadi dalam MEA. Proton berpindah dari membran ke

katalis, transpor elektron dari kolektor arus ke katalis dan sebaliknya juga mengangkut reaktan gas ke produk dari CL ke channel gas. Dalam proses pembuatan MEA perlu diperhatikan kandungan dan jenis katalis yang digunakan agar menghasilkan MEA dengan kinerja tingkat tinggi (Rohendi *et al.*, 2013).

Dalam proses konversi CO₂ menjadi metanol ada beberapa katalis yang biasa digunakan antara lain Cu, Pt, Ni, Fe dan lain lain. Cu digunakan menjadi katalis pada produksi metanol karena lebih efektif dan stabil apabila dicampurkan dengan Zn. Kombinasi senyawa atau logam ini menghasilkan aktivitas katalitik yang lebih tinggi untuk menghasilkan metanol (J. Albo *et al.*, 2015). Cu telah banyak diketahui sebagai bahan yang paling aktif dalam proses transformasi elektrokimia CO₂ menjadi CH₃OH, dimana Cu dapat memproduksi campuran bahan kimia yang berpotensi menarik untuk aplikasi industri pada laju reaksi tinggi. Permukaan Cu oksida (Cu₂O) mempunyai kelebihan potensial hidrogen dan sifat adsorpsi CO yang memungkinkan produksi metanol yang lebih tinggi di larutan air yang akan dihasilkan (Jonathan Albo *et al.*, 2015). Zn atau ZnO dapat menstabilkan atom Cu, memperkuat ikatan Cu dengan CO dan menambah ikatan sisi aktif katalis (Geioushy *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini digunakan katalis Cu₂O-ZnO/C dalam pembuatan elektroda yang divariasikan pada penambahan *Process Control Agent* (PCA). PCA mempunyai peran penting dalam kontrol struktur mikro seperti ukuran partikel, morfologi dan mencegah pelapisan logam selama proses *miling* yang mempengaruhi proses pencampuran. PCA digunakan saat pembuatan serbuk katalis pada proses *ball milling*. *Ball Milling* merupakan teknik pembuatan katalis yang efektif dan sederhana dimana beberapa serbuk logam dan bola dengan rasio tertentu dimasukkan kedalam *milling jar* dan diproses melalui interaksi antara bola dengan serbuk sampel serta dengan dinding *jar* (Kuziora *et al.*, 2014).

Karakteristik katalis Cu₂O-ZnO/C dapat diperoleh dari proses karakterisasi, diantaranya melalui analisis *Cyclic Voltametry* (CV), *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Particle Size Analyzer* (PSA), dan *Brunaver Emmett Teller* (BET).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh variasi PCA terhadap karakteristik katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dan berapa banyak metanol yang dihasilkan dari masing - masing proses konversi CO_2 menjadi metanol melalui proses reduksi elektrokimia berdasarkan katalis yang digunakan.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan karakterisasi katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ menggunakan metode *Particle Size Analyzer (PSA)*, *Braunauer Emmet Teller (BET)*, *Cyclic Voltametry (CV)*, *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*.
2. Menentukan produk metanol yang dihasilkan dari proses konversi CO_2 menggunakan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan variasi PCA metanol dan n-heksan .

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan paduan tentang cara memproduksi katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan proses *milling* dan pengaruh penggunaan *Process Control Agent (PCA)* serta dapat memberikan kontribusi dalam produksi metanol menggunakan katalis $\text{Cu}_2\text{O—ZnO/C}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd, A.A., Naji, S.Z., Hashim, A.S. and Othman, M.R. 2020. Carbon Dioxide Removal Through Physical Adsorption Using Carbonaceous And Non-Carbonaceous Adsorbents: A review', *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5): 104-142.
- Ajiriyanto, M.K., Kriswarini, R., Yanlunastutu, and Llestari, D.E. 2018. Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG - GAS dengan Teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). *Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 24(2): 105–114.
- Al-Saydeh, S.A. and Zaidi, S.J. 2018. Carbon Dioxide Conversion to Methanol: Opportunities and Fundamental Challenges. in *Carbon Dioxide Chemistry, Capture and Oil Recovery*. InTech. London. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74779>.
- Albo, J., Saez, A., Gullon, J.S., Montiel, V. and Irabien, A. 2015. Production Of Methanol From CO₂ Electroreduction At Cu₂O And Cu₂O/ZnO-Based Electrodes In Aqueous Solution. *Applied Catalysis B: Environmental*, 176–177.
- Albo, J., Guerra, M.A., Castano, P. and Irabien, A. 2015. Towards The Electrochemical Conversion Of Carbon Dioxide Into Methanol. *Green Chemistry*, 17(4): 2304–2324.
- Aminzare, M., Amoozegar, Z. and Sadrnezhaad, S.K. 2012. An Investigation On The Influence Of *Milling* Time And Calcination Temperature On The Characterization Of Nano Cerium Oxide Powder Synthesized By Mechanochemical Route. *Materials Research Bulletin*, 47(11): 3586–3591. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2012.06.060>.
- Anastasya, S. 2022. *Konversi Karbon Dioksida (CO₂) Menjadi Metanol Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Gde (Gas Diffusion Electrode) Dengan Elektrolit Khco₃ Di Katoda, Skripsi*. Fakultas MIPA. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U. and Osawa, H. 2018. Effects Of Low-Level Inhalation Exposure To Carbon Dioxide In Indoor Environments: A Short Review On Human Health And Psychomotor Performance', *Environment*

- International*. 121(June): 51–56.
- Bhosale, M.A. and Bhanage, B.M. 2016. A Simple Approach For Sonochemical Synthesis Of Cu₂O Nanoparticles With High Catalytic Properties. *Advanced Powder Technology*. 27(1): 238–244.
- Chen, D., Yong, J., Guo, C.J. and Hua, C.Z. 2010. Production Of Intermetallic Compound Powders By A Mechanochemical Approach: Solid-Liquid Reaction Ball Milling. *High-Energy Ball Milling: Mechanochemical Processing of Nanopowders*. 149–166.
- Chen, F. *et al.* 2020. Vapor-Phase Low-Temperature Methanol Synthesis From CO₂-Containing Syngas Via Self-Catalysis Of Methanol And Cu/Zno Catalysts Prepared By Solid-State Method. *Applied Catalysis B: Environmental*, 279(July): 119-382.
- Chen, K. and Xue, D. 2014. Cu-Based Materials As High-Performance Electrodes Toward Electrochemical Energy Storage. *Functional Materials Letters*, 7(1): 1–9.
- Dwistika, R. 2018. Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer UV-VIS Dan Particle Size Analyzer (PSA). *Skripsi*. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Elgrishi, N., Rountree, K.J., MCarthy, B.D., Rountree, E.S., Eisenhart, T.T. and Dempsey, J.L. 2018. A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal of Chemical Education*. 95(2): 197–206.
- Ena, M., Slamet, W. and Lilis, Y. 2013. Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O Dengan Katalis NaHCO₃. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(1): 53–58.
- Erdienzy, A., Inayatie, Y.D., Rahmanita, S., Bahtiar, A dan Aprilia, A. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Lapisan Zinc Oxide (ZnO) Nanorod Sebagai Lapisan Transport Elektron Pada Sel-Surya Perovskite. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. 5(2): 24–28.
- Fitriani Lisa. 2012. Studi Reaksi Reduksi CO₂ dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu. *Kimia*. 1–71.
- Geioushy, R.A., Khaled, M.M., Hakeem, A.S., Alhooshani, K. and Basheer, C. 2017. High Efficiency Graphene/Cu₂O Electrode For The Electrochemical

- Reduction Of Carbon Dioxide To Ethanol. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 785: 138–143.
- Hamed, A., Mosa, E.S., Mahdy, A.A., El-batanony, I.G. and Alkady, O. 2021. Studying the Effect of Process Controlling Agent on the Microstructure, Electrical and Thermal Conductivities of Copper /Graphene Composite Prepared by PM. *International Journal of Materials Technology and Innovation*, 1(1): 89–95.
- Handaja, S., Susanto, H. and Hermawan. 2020. Electrical Conductivity Of Carbon Electrodes By Mixing Carbon Rod And Electrolyte Paste Of Spent Battery. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(2): 221–227. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.31637>.
- Hazarika, J., and Manna, M.S. 2019. Electrochemical Reduction Of CO₂ To Methanol With Synthesized Cu₂O Nanocatalyst: Study of the selectivity. *Electrochimica Acta*, 328, p. 135053.
- Higham, M.D., Quesne, M.G. and Catlow, C.R.A. 2020. Mechanism of CO₂ conversion to methanol over Cu(110) and Cu(100) surfaces. *Dalton Transactions*, 49(25): 8478–8497.
- Hoten, H. Van. 2020. Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik dari Cangkang Telur Ayam Broiler. *Rotor*, 13(1): 1.
- Juwita, L. 2003. Karakteristik Material Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDX. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, pp. 177–192. <https://doi.org/10.26874/jt.vol2no2.220>.
- Keerthiga, G. and Chetty, R. 2017. Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide on Zinc-Modified Copper Electrodes', *Journal of The Electrochemical Society*, 164(4): 164–169.
- Khezri, B., Fisher, A.C. and Pumera, M. 2017. CO₂ reduction: The quest for electrocatalytic materials. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(18): 8230–8246. <https://doi.org/10.1039/c6ta09875d>.
- Kolodziejczak-Radzimska, A. and Jesionowski, T. 2014. Zinc Oxide-From Synthesis To Application: A Review. *Materials*, 7(4): 2833–2881. <https://doi.org/10.3390/ma7042833>.
- Komala, N. and Martono. 2018. Kondisi Konsentrasi Karbon Dioksida Di

- Bukittinggi Selama Kejadian El Niño 2015. *JKPK (Jurnal kimia dan pendidikan kimia)*, 3(3): 118–125.
- Kustomo. 2020. Uji Karakterisasi Dan Mapping Magnetit Nanopartikel Terlapisi Asam Humat Dengan Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(3): 149–153.
- Kuziora, P. *et al.* 2014. Why the ball to powder ratio (BPR) is insufficient for describing the mechanical ball *milling* process. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(18): 9883–9887.
- Lamoglia, M.S., Gonzalves, P.H., Pontes, A.M.P., Serrano, L.B., Silva, G. and Silva, A.A.A.P.D. 2022. Effect of Process Control Agents on Fe-15at.%Nb powder during Mechanical Alloying’, *Materials Research*, 25(1): 1–10. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0318>.
- Lestariningsih, T., Sabina, Q. and Majid, N. 2017. Pusat Penelitian LIPI, Kawasan PUSPITEK Serpong Gd. 440-442 Tangerang Selatan. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 7(1): 31–37.
- Liu, C.Y. and Sung, C.C. 2012. A Review Of The Performance And Analysis Of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Membrane Electrode Assemblies. *Journal of Power Sources*, 220: 348–353.
- Lubis, R.A.F., Nasution, H.I. and Zubir, M. 2020. Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 3(2): 67.
- Machio, C., Chikwanda, H.K. and Chikosha, S. 2011. Effect Of Process Control Agent (PCA) On The Characteristics Of Mechanically Alloyed Ti-Mg Powders. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 111(3): 149–153.
- Majlan, E.H., Rohendo, D., Daud, W.R.W., Husaini, T and Haque, M.A. 2018. Electrode For Proton Exchange Membrane Fuel Cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89 :117–134. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.007>.
- Martín, A.J., Larrazábal, G.O. and Pérez-Ramírez, J. 2015. Towards Sustainable Fuels And Chemicals Through The Electrochemical Reduction Of CO₂:

- Lessons From Water Electrolysis. *Green Chemistry*, 17(12): 5114–5130. <https://doi.org/10.1039/c5gc01893e>.
- Mauger, S.A., Pfeilsticker, J.R., Wang, M., Medina, S., Neyerlin, A.C.Y., Neyerlin, K.C., Stetson, C., Pylypenko, S. and Ulsh, M. 2020. Fabrication Of High-Performance Gas-Diffusion-Electrode Based Membrane-Electrode Assemblies. *Journal of Power Sources*, 450(December 2019): 227-581.
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S.M., Sajjadi, M. and Issaabadi, Z. 2019. *An Introduction to Nanotechnology*. 1st edn, *Interface Science and Technology*. 1st edn. Elsevier Ltd.
- Nainggolan, A. 2018. *Efek Variasi Milling Terhadap Sifat Fisis Dan Mikrostruktur Serbuk Nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/NiO.5ZnO.5Fe₂O₄*. Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Neikov, O.D. 2019. Mechanical Alloying. in *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders*. Elsevier, 91–124. Kiev. Ukraine.
- Nimyo, W.P. 2021. *Pengaruh Temperatur Dan Waktu Terhadap Konversi CO₂ Menjadi Metanol Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA)*. Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- P.S., J. and Sutrave, D.S. 2018. A Brief Study of Cyclic Voltammetry and Electrochemical Analysis. *International Journal of ChemTech Research*, 11(9): 77–88. Available at: <https://doi.org/10.20902/ijctr.2018.110911>.
- Pérez-Rodríguez, S., Pastor, E. and Lázaro, M.J. 2018. Electrochemical behavior of the carbon black Vulcan XC-72R: Influence of the surface chemistry. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(16): 7911–7922.
- Rahmah, A.R, Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., Sya'binah, N.F. and Yulianti, D.H. 2021. Characterization of Electrode with Cu₂O-ZnO/C and Pt-Ru/C Catalyst for Electrochemical Reduction CO₂ to CH₃OH. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 6(1): 8–13.
- Rahmanifard, R., Javidan, S.M. and Asadi Asadabad, M. 2019. Effects of Process Control Agents on Characteristics of Cu-Ta Nanocomposite during Milling and Subsequent Sintering,. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 28(7): 4102–4110.

- Ren, X., Lv, Q., Liu, L., Liu, B., Wang, Y., Liu, A. and Wu, G. 2019. Current Progress Of Pt and Pt-based Electrocatalysts Used For Fuel Cells', *Sustainable Energy and Fuels*, 4(1): 15–30.
- Rifal, M. and Sinaga, N. 2018. Kaji Eksperimental Rasio Metanol-Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang, Torsi Dan Daya. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(1): 47. Available at: <https://doi.org/10.32662/gojise.v1i1.140>.
- Rohendi, D. Majlan, E.H., Mohamad, A.B., Daud, W.R.W., Kadhun, A.A.H. and Shyuan, L.K. 2013. Characterization of electrodes and performance tests on MEAs with varying platinum content and under various operational condition. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(22): 9431–9437. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.03.093>.
- Rohendi, D., Majlan, E., Mohamad, A.B., Shyuan, L.K. and Raharjo, J. 2016. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry Comparison of The Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Electrodes with Different Carbon Powder Content and Methods of Manufacture. *IJFAC (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry)*, 1(3): 61–66.
- Rohendi, D., Syarif, N., Said, M., Utami, M.T. and Marcelina, Y. 2019. Utilization Of Catalyst-Coated Membrane (CCM) And Spraying Methods In Fabrication Membrane Electrode Assembly (MEA) For Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) Using Pt-Co/C Catalyst. *Journal of Physics: Conference Series*, 1282(1).
- Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., Mersitarani, D., Ardiyanta, D., Erliana, R.R.W.H., Mahendra, I., Sya'binah, N.F., Yulianti, D.H, Amelia, I. and Reo, M.A.R. 2022. Effect of Milling Time and PCA on Electrode Properties of Cu₂O-ZnO/C Catalyst Alloy used on Electrochemical Reduction Method of CO₂. *International Journal of Integrated Engineering*, 14(2): 186–192.
- Utama, T.H., Ramlan. dan Subhan, A.2015. Studi Pengaruh Bahan Aditif Multi Walled Carbonnanotube (MWCNT) dan Acetylene Black (AB) pada Komposit LTO sebagai Bahan Elektroda untuk Baterai Li-ion. *Jurnal*

Penelitian Sains, 17(3): 143–148.

Weng, L.C., Bell, A.T. and Weber, A.Z. 2019. Towards Membrane-Electrode Assembly Systems For CO₂ Reduction: A Modeling Study', *Energy And Environmental Science*, 12(6): 1950–1968.

Wulandari, R. 2022. *Pengaruh Waktu Milling Dan Penggunaan PCA(Process Control Agent) Terhadap Karakteristik Katalis CU₂O-ZnO/C untuk pembuatan MEA*. Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Sriwijaya. Indralaya.

Yunita, Y., Nurlina, N. and Syahbanu, I. 2020. Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *Positron*, 10(2): 44.