

**PENGARUH WAKTU *MILLING* DAN PENGGUNAAN PCA
(*PROCESS CONTROL AGENT*) TERHADAP
KARAKTERISTIK KATALIS $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ UNTUK
PEMBUATAN MEA**

SKRIPSI

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



Oleh :

RESTI WULANDARI

08031181722019

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH WAKTU *MILLING* DAN PENGGUNAAN PCA (*PROCESS CONTROL AGENT*) TERHADAP KARAKTERISTIK KATALIS Cu_2O - ZnO/C UNTUK PEMBUATAN MEA
SKRIPSI**

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

Disusun oleh :

Resti Wulandari

08031181722019

Indralaya, 20 September 2022

Pembimbing I



Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

Pembimbing II



Dr. Nirwan Syarif, M. Si

NIP. 197010011999031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN


Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Pengaruh Waktu *Milling* dan Penggunaan PCA (*Process Control Agent*) Terhadap Karakteristik Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ untuk Pembuatan MEA”, telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 6 September 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 20 September 2022

Ketua:

1. **Dr. Desnelli, M.Si**

NIP.196912251997022001

()

Anggota:

2. **Dr. Dedi Rohendi, M.T.**

NIP. 196704191993031001

()

3. **Dr. Nirwan Syarif, M.Si.**

NIP. 197010011999031003

()

4. **Dr. Ady Mara, M.Si.**

NIP. 196404301990031003

()

5. **Prof. Dr. Elfita, M.Si.**

NIP. 196903261994122001

()

Mengetahui,

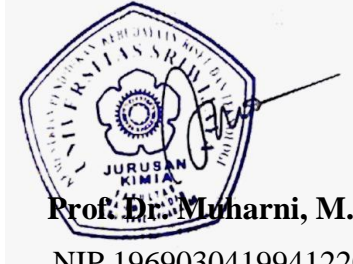
Dekan FMIPA



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

NIP.197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Murni, M. Si.

NIP.196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Resti Wulandari

NIM : 08031181722019

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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 20 September 2022

Penulis



Resti Wulandari
NIM. 08031181722019

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

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

Nama Mahasiswa : Resti Wulandari
NIM : 08031181722019
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengaruh Waktu *Milling* dan Penggunaan PCA (*Process Control Agent*) Terhadap Karakteristik Katalis Cu₂O-ZnO/C untuk Pembuatan MEA”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/menformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 20 September 2022



Resti Wulandari
NIM. 08031181722019

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim.

Sesungguhnya Bersama kesulitan itu terdapat kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap

(Q.S Al-Insyirah; 6-8)

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala nikmat, rahmat dan kasih sayangnya dalam hidup sehingga penulis bisa menyelesaikan dengan baik dan penuh keyakinan hati.

Dan kupersembahkan juga kepada:

1. Kedua orang tuaku yang selalu yang selalu mendoakan, memberi support baik secara moril maupun materil serta dikala senang maupun sedih
2. Pembimbing, pembahas serta sahabat dan semua orang baik yang selalu membantu resti pada penyusunan skripsi ini.
3. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan *Bismillahirrahmanirrahim* dan segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu *Milling* dan Penggunaan PCA (*Process Control Agent*) Terhadap Karakteristik Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ untuk Pembuatan MEA”. Penulis menyadari bahwa karya manusia tak luput dari ketidaksempurnaan, keterbatasan, kekurangan serta rintangan dalam penyelesaian proses penyusunan. Namun, atas kesabaran dan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswi yang sedang mengemban tugas akhir serta adanya bantuan dan dorongan semangat oleh orang-orang baik, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga sangat mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan Bapak **Dr. Nirwan Syarif, M. Si** yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, motivasi, semangat, 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 Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dalam penulisan skripsi ini, terimakasih telah memberikan banyak pelajaran berharga dan melatih kedisiplinan resti selama proses penelitian berlangsung
5. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si selaku dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penulisan skripsi.
6. Ibu Dra. Julinar, M. Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama masa studi
7. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si dan Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si selaku pembahas dan penguji sidang sarjana
8. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan banyak ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah

9. Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses kelengkapan administrasi atau syarat yang diperlukan selama kuliah sampai siding, sehat selalu.
10. Bapak dan Ibuku tersayang yang selalu menguatkan, mendoakan, memberikan semangat dan menasehati untuk kebaikan resti kedepannya, serta kepada ayuk tersayang yang sering dan menemani dikala mbak senang dan susah.
11. Jodi Ryota. Terima kasih sudah selalu setia menemani di segala kondisi resti, selalu memberi support dan selalu mencoba membuat resti bahagia.
12. Mentor PUR (Kak Dwi, Kak Chanel, Kak Reka dan Kak Yuni) terima kasih banyak atas semua ilmu yang diberikan dan terimakasih sudah mau membimbing resti menjadi orang yang lebih baik lagi. Maafkan resti kak sering berbuat salah kak, sehat selalu kak.
13. Wonderwall (Jujuk, Elsha, Febby dan Sisi) terima kasih kalian telah menjadi sahabatku yang sering membantuku dan menghiburku serta sahabat kegilaan bersama. Semoga kita sukses semua aamiin.
14. Ex Sama'an (Vio, Aknes, Jihan) terima kasih telah menjadi teman kosan selama masa perkuliahan dan menjadi anggota dalam perayaan tahunan. Sehat selalu kalian dan sukses terus.
15. Irma Listiany sebagai support system diakhir akhir semester, terima kasih selalu bersama hingga kita bisa lulus bersama, semoga kita sukses unttuk kedepannya.
16. Ekan dan Apres. Terima kasih telah menjadi teman di penghujung semester dan telah membantuku dalam menyelesaikan perkuliahan.
17. PUR 17 (Vadia dan Saumi). Terima kasih sempat menemi dan membagi ilmu dalam penelitianku. Sukses dan sehat selalu kalian.
18. Methanol team, terima kasih untuk kerja samanya dalam penelitian dan semoga sukses semua yaa.
19. Kimia 17. Terima kasih banyak dan sukses selalu untuk kalian kedepannya.

20. Semua pihak yang telah membatu resti baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga jasa-jasa dan kebaikan bapak, ibu, saudara sahabat-sahabatku, dan semua orang orang baik tersebut di atas bisa menjadi perhitungan untuk menambah amal dan pahala yang di terima Allah SWT. Akhirnya dengan kerendahan hati, penulis meminta maaf apabila dalam penulisan ini terdapat kekhilafan dan kata yang menyinggung hati. Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Tuhan melindungi dan memberkati kita semua.

Indralaya, 20 September 2022

Penulis

SUMMARY
THE EFFECT OF MILLING TIME AND USE OF PCA (PROCESS CONTROL AGENT) ON CATALYST CHARACTERISTICS OF Cu₂O-ZnO/C FOR MEA PRODUCTION

Resti Wulandari: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T

and Dr. Nirwan Sharif, M.Sc.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xii + 66 pages, 11 pictures, 8 appendices

Research on the effect of *milling* and the use of PCA (*process control agent*) on the characteristics of the Cu₂O-ZnO/C catalyst has been carried out. The purpose of this research is to obtain effective and efficient electrodes that can be used for the manufacture of MEA. In this study, variations in *milling* and the effect of using PCA were carried out to make Cu₂O-ZnO/C catalysts. The time variations were 1 hour, 2 hours, 3 hours with and without the addition of PCA. Each of these catalysts was used to make electrodes and then the electrodes were characterized using *Cyclic Voltammetry (CV)*, *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*, *SEM-EDX*, *Particle Size Analyzer (PSA)* and *Brunauer Emmett Teller (BET)* methods.

Cyclic Voltammetry measurement results obtained the best ECSA value at milling time of 3 hours with the addition of PCA of 689.77 cm²/g. The results of the Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) measurement showed that the best conductivity value at milling time of 2 hours without the addition of PCA was 0.62 x 10⁻³ S/cm. The results of the SEM-EDX measurement showed that the best electrode was milled at 3 hours with the addition of PCA because it had the highest Cu content of 18.13 wt%. The results of the Particle Size Analyzer (PSA) measurement obtained the best electrode at a milling time of 3 hours without the addition of PCA because it produces a small particle size. The results of characterization measurements using BET obtained the best catalyst powder at a milling time of 3 hours with the addition of PCA with a pore diameter of 127 . The smaller the pore diameter, the greater the surface area of the catalyst which has an impact on the better catalyst performance.

Keywords : Cu₂O-ZnO/C, PCA, PSA, BET, SEM-EDX

Citation : 66 (2011-2021)

RINGKASAN

PENGARUH WAKTU *MILLING* DAN PENGGUNAAN PCA (*PROCESS CONTROL AGENT*) TERHADAP KARAKTERISTIK KATALIS Cu₂O-ZnO/C UNTUK PEMBUATAN MEA

Resti Wulandari: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematikadan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xii + 66 halaman, 11 gambar, 8 lampiran

Penelitian pengaruh waktu *milling* dan penggunaan PCA (*process control agent*) terhadap karakteristik katalis Cu₂O-ZnO/C telah dilakukan. Katalis berbasis Cu menunjukkan aktivitas tinggi dan telah banyak digunakan dalam konversi CO₂ menjadi metanol. Konversi CO₂ dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel serta selektivitas terhadap metanol dengan luas permukaan. Sehingga pada penelitian kali ini dilakukan pembuatan elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C yang divariasikan pada waktu *milling* dan penambahan PCA. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan elektroda yang efektif dan efisien agar dapat digunakan untuk pembuatan MEA. Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu *milling* dan pengaruh penggunaan PCA untuk membuat katalis Cu₂O-ZnO/C. Variasi waktu yang dilakukan yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam dengan dan tanpa penambahan PCA. Masing-masing katalis tersebut digunakan untuk membuat elektroda dan selanjutnya elektroda dilakukan karakterisasi menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV), *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), SEM-EDX, *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET).

Hasil pengukuran *Cyclic Voltammetry* didapatkan nilai ECSA terbaik pada waktu *milling* 3 jam dengan penambahan PCA sebesar 689,77 cm²/g. Hasil pengukuran *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) didapatkan nilai konduktivitas terbaik pada waktu *milling* 2 jam tanpa penambahan PCA sebesar sebesar 0,62 x 10⁻³ S/cm. Hasil pengukuran SEM-EDX diketahui bahwa elektroda yang terbaik pada waktu *milling* 3 jam dengan penambahan PCA karena memiliki kadar Cu yang paling banyak yaitu 18,13 wt%. Hasil pengukuran *Particel Size Analyzer* (PSA) didapatkan elektroda terbaik pada waktu *milling* 3 jam tanpa penambahan PCA dikarenakan menghasilkan ukuran partikel yang kecil. Hasil pengukuran karakterisasi menggunakan BET didapatkan serbuk katalis yang terbaik pada waktu *milling* 3 jam dengan penambahan PCA dengan diameter pori sebesar 127 Å, Semakin kecil diameter pori, maka menunjukkan semakin besar pula luas permukaan katalis yang berdampak pada kinerja katalis semakin baik.

Kata Kunci : Cu₂O-ZnO/C, PCA, PSA, BET, SEM-EDX.

Sitasi : 66 (2011-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	xii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karbon Dioksida	5
2.2 Katalis Cu ₂ O-ZnO/C	5
2.3 PCA (<i>Process Control Agent</i>)	6
2.4 Elektrolisis	7
2.4.1 <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA).....	7
2.4.2 Elektroda	8
2.5. <i>High Energy Milling</i> (HEM).....	8
2.6. Karakterisasi Katalis dan Elektroda	9
2.6.1 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA).....	9

2.6.2	<i>Brunauer-Emmet-Teller (BET)</i>	9
2.6.3	<i>Cyclic Voltametry (CV)</i>	10
2.6.4	Konduktivitas Elektrik.....	11
2.6.5	<i>Scanning Electron Miscroscope (SEM-EDX)</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		13
3.1	Waktu dan Tempat.....	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	Karakterisasi Katalis.....	14
3.3.2.1	Pengujian <i>Particle Size Analyzer (PSA)</i>	14
3.3.2.2	Pengujian <i>Braune Emmet Teller (BET)</i>	14
3.3.3	Pembuatan Elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	15
3.3.4	Pembuatan Elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan waktu <i>milling</i> yang Bervariasi dan dengan serta Penambahan PCA.....	15
3.3.5	Karakterisasi Elektroda.....	16
3.3.5.1	Pengujian <i>Cyclic Voltammety (CV)</i>	16
3.3.5.2	Pengujian <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	16
3.3.5.3	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)</i>	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		18
4.1	Pembuatan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	18
4.2	Karakterisasi Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	18
4.2.1	Analisis PSA.....	18
4.2.2	Analisis BET.....	19
4.3	Pembuatan elektroda.....	21
4.4	Karakterisasi Elektroda.....	21
4.4.1	Karakterisasi Permukaan Elektroda.....	21
4.4.2	Analisis <i>Cyclic Voltammety (CV)</i>	23
4.4.3	Analisis <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	24

4.4.4 Analisis SEM-EDX.....	25
BAB V KESIMPULAN dan SARAN.....	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Prinsip Kerja HEM Shaker.....	9
Gambar 2. Hasil Analisis PSA dengan Variasi Katalis.....	19
Gambar 3. Pengaruh waktu milling terhadap diameter pori	20
Gambar 4. Pengaruh waktu milling terhadap volume pori	20
Gambar 5. Pengaruh waktu milling terhadap luas permukaan	21
Gambar 6. Elektroda Cu ₂ O-ZnO/C menggunakan digital microscope	22
Gambar 7. Voltamogram dari Setiap Elektroda	23
Gambar 8. Nilai ESCA Katoda dengan Katalis Bervariasi.....	24
Gambar 9. Kurva Nyquist setiap Elektroda	24
Gambar 10. Nilai Konduktivitas Cu ₂ O-ZnO/C dengan waktu milling	25
Gambar 11. Morfologi Elektroda Hasil Analisis SEM-EDX Cu ₂ O-ZnO/C.....	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja	34
Lampiran 2. Perhitungan Kandungan Komponen Katalis	36
Lampiran 3. Perhitungan Nilai ECSA Karakterisasi <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) ...	37
Lampiran 4. Perhitungan Nilai Konduktivitas Karakterisasi Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)	49
Lampiran 5. Tabel Data Hasil Karakterisasi SEM-EDX	58
Lampiran 6. Tabel Data Hasil Karakterisasi PSA.....	54

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan energi saat ini dimana kebutuhan energi terus meningkat pesat karena pertumbuhan ekonomi di seluruh dunia untuk memenuhi permintaan energi yang sejumlah besar berasal dari bahan bakar fosil berupa minyak , batubara dan gas alam (Al-Saydeh *and* Zaidi, 2018). Penggunaan bahan bakar fosil berupa salah satu penyebab utama polusi dan pemanasan global karena menghasilkan sejumlah besar CO₂ dan polutan gas lainnya yang dilepaskan ke atmosfer (Higham *et al.*, 2020). Karbon dioksida (CO₂) berupa zat yang tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, dan gas yang tidak mudah terbakar serta lebih berat dari udara (Azuma *et al.*, 2018).

Besarnya potensi bahaya dari karbon dioksida mengakibatkan perlunya penelitian yang dapat mengurangi bahaya dari karbon dioksida tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan mengkonversi CO₂ menjadi bentuk senyawa lain yang lebih aman yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia dan juga alam (Higham *et al.*, 2020). CO₂ dapat dikonversi menjadi bahan bakar dan bahan baku kimia, seperti alkana, metanol dan asam format. Diantara senyawa yang dapat dihasilkan metanol tidak hanya digunakan untuk bahan baku kimia umum untuk perindustrian tetapi juga dapat dijadikan bahan bakar yang menjanjikan. Dengan kata lain, konversi CO₂ menjadi metanol termasuk cara yang efektif untuk mengurangi emisi CO₂ dan menangani kebutuhan energi (Li *et al.*, 2020).

Metode reduksi CO₂ secara elektrokimia untuk menghasilkan metanol dilakukan menggunakan *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 dikenal sebagai gabungan dari katoda dan anoda yang di antara keduanya terdapat membran elektrolit, yang merupakan komponen penting pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). Untuk menghasilkan MEA dengan kinerja tinggi perlu memperhatikan kandungan dan jenis katalis yang digunakan serta metode pembuatannya (Rohendi *et al.*, 2013).

Katalis yang ideal harus memiliki hidrogen dengan potensial tinggi yang dapat memungkinkan reaksi reduksi karbon dioksida untuk mencapai selektivitas yang tinggi. Salah satu katalis yang digunakan untuk mereduksi CO₂ menjadi metanol antara lain Cu. Katalis berbasis Cu menunjukkan aktivitas tinggi dan telah banyak digunakan dalam konversi CO₂ menjadi metanol. Konversi CO₂ dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel serta selektivitas terhadap metanol dengan luas permukaan (Le, 2011). Sehingga pada penelitian kali ini dilakukan pembuatan elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C yang divariasikan pada waktu *milling* dan penambahan PCA. Proses penambahan PCA diperlukan untuk membangun keseimbangan antara pengelasan dingin dan rekahan. Zat ini ditambahkan ke dalam campuran serbuk selama penggilingan, terutama ketika campuran serbuk melibatkan sebagian besar komponen (Biyik *and* Aydin, 2014). Kinerja dari katalis Cu₂O-ZnO/C dapat diketahui dengan melakukan karakterisasi *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pembuatan dan karakterisasi dari elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C dengan karakterisasi *Cyclic Voltammetry* (CV), *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET) ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan pembuatan paduan katalis Cu₂O-ZnO/C dengan metode *milling* pada waktu *milling* bervariasi dan pengaruh penggunaan PCA (Process Control Agent) serta karakterisasi katalis menggunakan metode *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET).
2. Melakukan pembuatan elektroda dengan katalis Cu₂O-ZnO/C dan melakukan karakterisasi elektroda menggunakan metode *Cyclic*

Volatammety (CV), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), Scanning Electron Microscope (SEM).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai cara pembuatan paduan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan metode milling pada waktu milling bervariasi dan pengaruh penggunaan PCA (*Process Control Agent*) serta mampu memberikan kontribusi terhadap produksi metanol dengan penggunaan elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ yang baik.

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.
- Ajiriyanto, M. K., Kriswarini, R., Yanlinastuti, Y., dan Lestari, D. E. (2018). Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG - GAS dengan Teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). *Jurnal Urania*, 24(2), 105–114.
- Aminzare, M., Amoozegar, Z., and Sadrnezhad, 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.
- Aristov, N., and Habekost, A. (2015). *Cyclic Voltammetry - A Versatile Electrochemical Method Investigating Electron Transfer Processes*. 3(5), 115–119.
- 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. (2015). A simple approach for sonochemical synthesis of Cu₂O nanoparticles with high catalytic properties. *Advanced Powder Technology*, 2(3).
- Fitria.P.S, dan Erman Taer, S. (2014). Efek Variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon. *Jurnal FMIPA*, 1(2), 217–227.
- Gita Anggaretno, I. R. dan H. supomo. (2012). *Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl₃*. 1(1), 3–7.
- Gunawan, I., dkk. 2011. Efek Waktu Milling Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction. *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol. 33 No. 1.
- 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.
- Higham, M. D., Higham, M. D., Quesne, M. G., Quesne, M. G., Catlow, C. R. A., Catlow, C. R. A., 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.
- Jatmiko, W. A. (2019). *Pengaruh Rasio Jumlah Dan Diameter Bola Baja Dalam Proses*

Sintesis Material Dengan Shaker Milling Terhadap Ukuran Partikel Kaolin.

- Joshi, P. S. and S. D. . (2018). *A Brief Study of Cyclic Voltammetry and Electrochemical Analysis*. 11(09), 77–88.
- Julianawati., Marlina., R. Nasution dan Sheilatina. (2015). Applying SEM-EDX Techniues to Identifying the Types of Mineral of Jades (GIOK) Takengon, Aceh. *Jurnal Natural*, 15(2).
- Kusumaningtyas, M. P. (2017). *Analisis Struktur Nano Batu Apung Lombok Menggunakan Metode BET (Brunauer-Emmet Teller)*. 14–15.
- 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).
- Li, S., Guo, L., & Ishihara, T. (2020). Hydrogenation of CO₂ to methanol over Cu/AlCeO catalyst. *Catalysis Today*, 339, 352–361.
- Machio, C., Chikwanda, H. K., & Chikosha, S. (2011). *T r a n s a c t i o n P a p e r*. 111(MARCH), 27–29.
- Marlina.E , Wahyudi.S, dan Yulianti.S. (2013). *Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂o dengan Katalis NaHCO₃*. 4(1), 2–3.
- Nainggolan, A. (2018). *Efek Variasi Milling Terhadap Sifat Fisis Dan Mikrostruktur Serbuk Nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄*.
- R. Rahmanifard, S. M. Javidan, and M. Asadi Asadabad, "Effects of Process Control Agents on Characteristics of Cu-Ta Nanocomposite during Milling and Subsequent Sintering," *J. Mater. Eng Perform.*, vol. 28, no. 7, pp. 4102-4110, 2019.
- Rahmah, D. R., Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., and Febrika, N. (2021). *Characterization of Electrode with Cu 2 O-ZnO / C and Pt-Ru / C Catalyst for Electrochemical Reduction CO 2 to CH 3 OH*.
- Regina Dwistika. (2018). *Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis Dan Particle Size Analyzer (Psa)*.
- Reske, R., Mistry, H., Behafarid, F., Cuenya, B. R., and Strasser, P. (2014). *Particle Size Effects in the Catalytic Electroreduction of CO 2 on Cu Nanoparticles*. 3, 4–12.
- Riyanto. (2013)..Yogyakarta: Graha Ilmu. In *Elektrokimia dan aplikasi* (Vol. 1, Issue 1).
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Wan Daud, W. R., Hassan Kadhum, A. A., and Shyuan, L. K. (2013). Characterization of electrodes and performance tests on MEAs with varying platinum content and under various operational conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(22), 9431–9437.
- Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., Mersitarini, D., Ardiyanta, D., H. Erliana, W., Mahendra, I., Febrika S., N., Yulianti, D. H., Amelia, I., & 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.

Sajeda A. Al-Saydeh and Syed Javaid Zaidi. (2018). Carbon Dioxide Conversion to Methanol: Opportunities and Fundamental Challenges. *Intech*, 13.

Salimy, D. H., and Alimah, S. (2016). Htgr Kogenerasi Produksi Hidrogen Untuk Konversi Co₂ Menjadi Metanol. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 17(2), 109.

Silfia, S., Failisnur, F., and Sofyan, S. (2019). Analysis of Functional Groups, Distribution, and Particle Size of Stamp Ink From Gambier (*Uncaria gambir* Roxb) With NaOH and Al₂(SO₄)₃ Complexing Compounds. *Jurnal Litbang Industri*, 9, 89–96.

Speight, J. G. (2020). The properties of water. In *Natural Water Remediation*.

Tuyen, M., and Le, H. (2011). (Thesis) *M. T. H. Le, Louisiana State University, Agricultural and Mechanical College, 2011.*

Zielinski, J.M. and Kettle, L. (2013) *Physical Characterization: Surface Area and Porosity.*

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.
- Ajiriyanto, M. K., Kriswarini, R., Yanlinastuti, Y., dan Lestari, D. E. (2018). Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG - GAS dengan Teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). *Jurnal Urania*, 24(2), 105–114.
- 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.
- Aristov, N., and Habekost, A. (2015). *Cyclic Voltammetry - A Versatile Electrochemical Method Investigating Electron Transfer Processes*. 3(5), 115–119.
- 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. (2015). A simple approach for sonochemical synthesis of Cu₂O nanoparticles with high catalytic properties. *Advanced Powder Technology*, 2(3).
- Fitria.P.S, dan Erman Taer, S. (2014). Efek Variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon. *Jurnal FMIPA*, 1(2), 217–227.
- Gita Anggaretno, I. R. dan H. supomo. (2012). *Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi FeCl₃*. 1(1), 3–7.
- Gunawan, I., dkk. 2011. Efek Waktu Milling Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction. *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol. 33 No. 1.
- 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.
- Higham, M. D., Higham, M. D., Quesne, M. G., Quesne, M. G., Catlow, C. R. A., Catlow, C. R. A., 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.
- Jatmiko, W. A. (2019). *Pengaruh Rasio Jumlah Dan Diameter Bola Baja Dalam Proses Sintesis Material Dengan Shaker Milling Terhadap Ukuran Partikel Kaolin*.

- Joshi, P. S. and S. D. . (2018). *A Brief Study of Cyclic Voltammetry and Electrochemical Analysis*. 11(09), 77–88.
- Julianawati., Marlina., R. Nasution dan Sheilatina. (2015). Applying SEM-EDX Techniues to Identifying the Types of Mineral of Jades (GIOK) Takengon, Aceh. *Jurnal Natural*, 15(2).
- Kusumaningtyas, M. P. (2017). *Analisis Struktur Nano Batu Apung Lombok Menggunakan Metode BET (Brunauer-Emmet Teller)*. 14–15.
- 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).
- Li, S., Guo, L., & Ishihara, T. (2020). Hydrogenation of CO₂ to methanol over Cu/AlCeO catalyst. *Catalysis Today*, 339, 352–361.
- Machio, C., Chikwanda, H. K., & Chikosha, S. (2011). *T r a n s a c t i o n P a p e r*. 111(MARCH), 27–29.
- Marlina.E , Wahyudi.S, dan Yulianti.S. (2013). *Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂o dengan Katalis NaHCO₃*. 4(1), 2–3.
- Nainggolan, A. (2018). *Efek Variasi Milling Terhadap Sifat Fisis Dan Mikrostruktur Serbuk Nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄*.
- R. Rahmanifard, S. M. Javidan, and M. Asadi Asadabad, "Effects of Process Control Agents on Characteristics of Cu-Ta Nanocomposite during Milling and Subsequent Sintering," *J. Mater. Eng Perform.*, vol. 28, no. 7, pp. 4102-4110, 2019.
- Rahmah, D. R., Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., and Febrika, N. (2021). *Characterization of Electrode with Cu 2 O-ZnO / C and Pt-Ru / C Catalyst for Electrochemical Reduction CO 2 to CH 3 OH*.
- Regina Dwistika. (2018). *Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi Dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis Dan Particle Size Analyzer (Psa)*.
- Reske, R., Mistry, H., Behafarid, F., Cuenya, B. R., and Strasser, P. (2014). *Particle Size Effects in the Catalytic Electroreduction of CO 2 on Cu Nanoparticles*. 3, 4–12.
- Riyanto. (2013)..Yogyakarta: Graha Ilmu. In *Elektrokimia dan aplikasi* (Vol. 1, Issue 1).
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Wan Daud, W. R., Hassan Kadhum, A. A., and Shyuan, L. K. (2013). Characterization of electrodes and performance tests on MEAs with varying platinum content and under various operational conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(22), 9431–9437.
- Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., Mersitarini, D., Ardiyanta, D., H. Erliana, W., Mahendra, I., Febrika S., N., Yulianti, D. H., Amelia, I., & 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.
- Sajeda A. Al-Saydeh and Syed Javaid Zaidi. (2018). Carbon Dioxide Conversion to Methanol: Opportunities and Fundamental Challenges. *Intech*, 13.

- Salimy, D. H., and Alimah, S. (2016). Htgr Kogenerasi Produksi Hidrogen Untuk Konversi Co2 Menjadi Metanol. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 17(2), 109.
- Silfia, S., Failisnur, F., and Sofyan, S. (2019). Analysis of Functional Groups, Distribution, and Particle Size of Stamp Ink From Gambier (*Uncaria gambir* Roxb) With NaOH and Al₂(SO₄)₃ Complexing Compounds. *Jurnal Litbang Industri*, 9, 89–96.
- Speight, J. G. (2020). The properties of water. In *Natural Water Remediation*.
- Tuyen, M., and Le, H. (2011). (Thesis) *M. T. H. Le, Louisiana State University, Agricultural and Mechanical College, 2011*.
- Zielinski, J.M. and Kettle, L. (2013) *Physical Characterization: Surface Area and Porosity*.