

**PENGARUH SUHU ELEKTROLIT KHCO<sub>3</sub> DAN WAKTU  
ELEKTROLISIS PADA KONVERSI CO<sub>2</sub> MENJADI METANOL  
DENGAN ELEKTROLISER *SINGLE* DAN *DOUBLE STACK***

**SKRIPSI**

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



**Oleh :**

**IRMA LISTIANY**

**08031381823081**

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

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH SUHU ELEKTROLIT  $\text{KHCO}_3$  DAN WAKTU  
ELEKTROLISIS PADA KONVERSI  $\text{CO}_2$  MENJADI METANOL  
DENGAN ELEKTROLISER *SINGLE* DAN *DOUBLE STACK*  
SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana SainsBidang Studi Kimia

Oleh:

**Irma Listiany**

**08031381823081**

Indralaya, 22 September 2022

**Dosen Pembimbing**



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

**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 ini dengan judul “Pengaruh Suhu Elektrolit  $\text{KHCO}_3$  dan Waktu Elektrolis pada Konversi  $\text{CO}_2$  Menjadi Metanol dengan Elektroliser *Single* dan *Double Stack*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 07 September 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Inderalaya, 22 September 2022

Pembimbing:

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



Penguji:

1. **Prof. Dr. Elfita, M.Si**  
NIP.196903261994122001



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



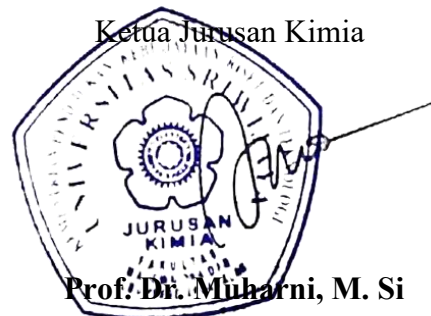
Mengetahui,

Dekan FMIPA



**Prof. Hermansyah, M. Si., Ph. D**  
NIP. 1971111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Muharini, M. Si**  
NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Irma Listiany

NIM : 08031381823081

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, 22 September 2022

Penulis



Irma Listiany

NIM. 08031381823081

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Irma Listiany  
NIM : 08031381823081  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengaruh Suhu Elektrolit  $\text{KHCO}_3$  dan Waktu Elektrolis pada Konversi  $\text{CO}_2$  Menjadi Metanol dengan Elektroliser *Single* dan *Double Stack*”. 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, 22 September 2022



Irma Listiany

NIM. 08031381823081

## SUMMARY

### EFFECT OF $\text{KHCO}_3$ ELECTROLYTE TEMPERATURE AND ELECTROLYSIS TIME ON THE CONVERSION OF $\text{CO}_2$ TO METHANOL WITH SINGLE AND DOUBLE STACK ELECTROLYZER

Irma Listiany : Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M. T

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University  
+ 55 pages, 7 pictures, 7 attachments

The conversion of  $\text{CO}_2$  to methanol with temperature variations in  $\text{KHCO}_3$  electrolyte and electrolysis time using the electrochemical reduction method with MEA has been completed. The electrolyzer used in this study is a single and double stack electrolyzer. The concentration of the methanol product resulting from  $\text{CO}_2$  reduction was measured using a methanol analyzer for each variation. In temperature variations, the highest concentration obtained at room temperature is 71.60%. Meanwhile, the methanol concentration with temperature variations of 40°C, 50°C, dan 60°C was 63.76%, 44.28% and 42.24%, respectively. Measurement of the pH of each methanol used a digital pH meter with an initial pH value of 11 and the resulting pH of each methanol was 5.8, 5.5, 5.4 and 5.6. Then, in the variation of electrolysis time, the highest concentration obtained in 2 hours was 79.06%. While the concentration of methanol in a row with a time variation of 4 hours, 6 hours, and 8 hours was 61.05%, 58.18% and 57.55%. The results of pH measurements with an initial pH value of 11 and the pH of each other methanol of 5.2, 5.4, 5.6, and 5.5.

Keywords :  $\text{KHCO}_3$ , Methanol,  $\text{CO}_2$  Conversion, Electrolyzer

Citation : 55 (2011-2021)

**RINGKASAN**

**PENGARUH SUHU ELEKTROLIT KHCO<sub>3</sub> DAN WAKTU**

**ELEKTROLISIS PADA KONVERSI CO<sub>2</sub> MENJADI METANOL**

**DENGAN ELEKTROLISER *SINGLE* DAN *DOUBLE STACK***

Irma Listiany : Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M. T

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijayaiii  
+ 55 halaman, 7 gambar, 7 lampiran

Konversi CO<sub>2</sub> menjadi metanol dengan variasi suhu pada elektrolit KHCO<sub>3</sub> dan waktu elektrolisis menggunakan metode reduksi elektrokimia dengan MEA telah selesai dilakukan. Elektroliser yang digunakan pada penelitian ini merupakan elektroliser single dan double stack. Produk metanol hasil reduksi CO<sub>2</sub> diukur konsentrasinya menggunakan *methanol analyzer* pada setiap variasi. Pada variasi suhu, konsentrasi tertinggi yang didapatkan dengan suhu ruang sebesar 71,60 %. Sedangkan konsentrasi metanol berturut-turut dengan variasi suhu 40 °C, 50 °C, dan 60 °C sebesar 63,76%, 44,28% dan 42,24%. Pengukuran pH masing-masing metanol menggunakan pH meter digital dengan nilai pH awal sebesar 11 dan menghasilkan pH dari masing-masing metanol sebesar 5,8, 5,5, 5,4, dan 5,6. Kemudian, pada variasi waktu elektrolisis, konsentrasi tertinggi yang didapatkan dengan waktu 2 jam sebesar 79,06%. Sedangkan konsentrasi metanol berturut-turut dengan variasi waktu 4 jam, 6 jam, dan 8 jam sebesar 61,05%, 58,18% dan 57,55 %. Hasil pengukuran pH dengan nilai pH awal sebesar 11 dan pH dari masing-masing metanol lainnya sebesar 5,2, 5,4, 5,6, dan 5,5.

Kata Kunci : KHCO<sub>3</sub>, Metanol, Konversi CO<sub>2</sub>, Elektroliser

Sitasi : 55 (2011-2021)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrohmanirrohim.*

**Skripsi ini sebagai tanda syukur saya kepada**

**Allah SWT.**

*Nabi Muhammad SAW.*

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- Saya sendiri yang telah berjuang selama ini
- Kedua orang tuaku, papa, mama, ayuk leny & adek ayi
- Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T & Ibu Prof. Elfita, M.Si
- Seluruh keluargaku
- Sahabat-sahabatku
- Almamaterku (Universitas Sriwijaya)



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan *Bismillahirrahmanirrahim* dan rasa puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Suhu Elektrolit  $\text{KHCO}_3$  dan Waktu Elektrolis pada Konversi  $\text{CO}_2$  Menjadi Metanol dengan Elektroliser *Single* dan *Double Stack*”. 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 mahasiswa 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** yang telah banyak memberikan 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 yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan dalam penulisan skripsi ini. Terima kasih bapak telah bersedia menjadi pembimbing dan sekaligus menjadi orang tua yang selalu membimbing, mengajari, memotivasi dan selalu menyemangati irma. Terima kasih atas segala nasehat, dukungan moral maupun material kepada Irma. Terima kasih banyak ya bapak atas semua pelajaran yang sudah bapak berikan kepada Irma. Semoga bapak dan keluarga sehat selalu pak. Aamiin
5. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si selaku pembahas dan penguji sidang sarjana. Terima kasih banyak ibu atas semua pelajaran, nasihat, serta hal baik

yang telah ibu ajarkan kepada Irma. Terima kasih juga ibu telah bersedia menjadi orang tua yang selalu menyemangati dan memberi motivasi untuk Irma hingga saat ini sampai Irma bisa menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas segala dukungannya bu baik moral maupun material kepada Irma. Terima kasih banyak ya Ibu. Semoga ibu sehat selalu ya bu.

6. Ibu Nova Yuliasari, M. Si selaku pembahas dan penguji sidang sarjana. Terima kasih atas segala bentuk bimbingan, dukungan dan bantuannya.
7. Ibu Dra Fatma, M.S., Terima kasih atas semua bimbingan, nasihat dan pengarahannya selama ini ya ibu.
8. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Ibu Siti Nuraini, S.T., Ibu Yuniar, S.T. M. Sc., dan Ibu Hanida Yanti, A. Md. selaku analis di Laboratorium Kimia.
10. Mbak Novi dan Kak Iin selaku Admin Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya yang banyak membantu dalam proses kelengkapan administrasi perkuliahan
11. Papa, Mama, Ayuk Leny, Adek Ayi, terima kasih telah menjadi pelengkap hidup Irma, yang selalu memberikan kasih sayang terbaik dan mengajarkan semua hal baik untuk Irma dari kecil hingga saat ini. Terima kasih telah menjadi support system terbaik untuk Irma hingga Irma bisa sampai pada titik kehidupan saat ini.
12. Aditya Adjie Muhammad, terima kasih untuk selalu setia menemani memberi semangat, motivasi, serta dukungan. Semangat juga ya kamu!
13. Kak Reka, Kak Dwi, & Kak Ica, terima kasih atas semua pelajaran, ilmu dan dukungan yang telah kakak berikan untuk Irma. Maafin Irma ya kak suka buat salah sama kakak. Sehat-sehat & bahagia selalu ya kak!
14. Kak Resti Wulandari, terima kasih telah menemani perjalanan dari awal penelitian hingga akhir perkuliahan dengan segala keadaan. Makasih telah menemani begadangnya aku kala itu wkwk Semangat kak!
15. Zakiatun Nadia, Bening Fitri & Qurotul Aini terima kasih sudah mendengarkan dan menemani masa perkuliahan ini.

16. Santi & Aisyah, Terima kasih telah menemani setiap malamku dirumah.
17. Methanol Team , Terima kasih atas semua kerjasama dan bantuannya ya.
18. PUR kimia 2018 (Delima, Anin, Devi, Ade Marisa, Keke, Fatma, Cici, Igam, Marya, Sandi, Ade Dwi, Sabrina, Dinda, Eko, Prima, Teja, Ilyas, Ghifar, Balkis & Iren) Terima kasih atas segala dukungan dan bantuannya ya.
19. Teman-teman semasa SMA (Galuh, Regina, Ale, El, Aliez, Meng & Andre), Makasih sudah selalu ada untuk aku wkwk Galuh makasih telah mendengarkan banyak cerita aku dan mau menemani cerita jogja bareng aku! Regina makasih sudah menemani cerita aku selama di Palembang xixi! Soon Jogja jilid 2 full team!
20. Teman-teman semasa SMP (Isma, Isti, Rara & Puput) terima kasih atas segala supportnya ya. Isma ibu psikologku yang suka dadakan kalo ketemu. Makasih telah menjadi tim yang bertahan sejak 2012!
21. Teman-teman semasa SD (Widiya, Yayak, Alike, Tasyah, & Rissa) Terima kasih sudah selalu support aku dan menemani perjalanan aku dari kecil hingga sekarang.
22. Mb Shonia Resa, Edo Wijaya dan Kak Rafi Pahlevi, terima kasih sudah mendengarkan banyak cerita gajelasnya aku selama ini, terima kasih sudah mau membantu aku ataupun Adit dan menemani perjalanan healing aku wkwk.
23. Leader Under Cover, Terima kasih sudah menjadikan gabutnya kalian untuk menemani kerjaan aku setiap malam. Orang-orang yang selalu gmeet setiap malemnya, deep talk tentang semua hal yang kita rasakan. Terima kasih untuk semua ilmunya selama ini, terkhusus cerita tentang Bali. Semangat terus dan Sukses selalu ya lead. Soon Bali jilid 2.
24. Anak-anakku Kejar Mimpi Palembang, Terima kasih atas segala support serta semangatnya. Terima kasih juga untuk semua energi positifnya selama ini ya, yang selalu menemani kegabutan kak irma wkwk, maafkan kak irma yang sering marah-marah selama menjadi leader kalian. Semoga kalian bisa menjadi penerus kakak di 2023 ya! Sukses terus guys!

25. GENCAR YBM PLN UIWS2JB Terima kasih atas semua hal baiknya dan telah mengajarkan aku banyak hal tentang kehidupan.
26. Desa Bersinergi Yosh Foundation, Terima kasih telah mengajarkan banyak hal tentang rasa syukur atas kehidupan ini. Soon wujudkan kembali bina desa untuk Indonesia yang cerah melalui listrik mandiri by kita semua yeay!.
27. Komunitas Peduli Generasi & Rumah Singgah Peduli (Kak Devi, Kak Vina, Kak Ismi, Mody, Ayu, Kak Septian, Kak Iyan, Kak Ahsan, Kak Mita, Kak Dhea, Yoga, & Febri) Terima kasih sudah menjadi orang yang selalu membawa hal baik, selalu mengajak aku untuk hal yang bermanfaat dan berbagi untuk banyak orang.
28. M Agung Bimantara dan Erida Novrilia, terima kasih sudah menjadi adik yang baik selama di kimia. Semangat terus ya kalian berdua!
29. Teman-teman kimia angkatan 2018, kakak-kakak angkatan 2015-2017 dan adik-adik 2019-2021, terimakasih telah menjadi bagian dari hari-hari perkuliahan.

Semoga semua kebaikan bapak, ibu, saudara dan sahabat-sahabatku tersebut bisa menjadi amal dan pahala yang di terima Allah SWT. Akhirnya, penulis meminta maaf apabila dalam penulisan ini terdapat kekhilafan dan kata yang menyinggung hati. Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 22 September 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	<b>v</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Karbon Dioksida.....	4
2.2. Konversi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	4
2.3. Metanol.....	5
2.4. Nafion.....	6
2.5. Elektrolisis.....	6
2.6. Membrane Electrode Assembly (MEA).....	6
2.7. Elektrolit.....	7
2.8. Elektroda.....	7
2.8.1 Tembaga sebagai Katalis.....	8
2.8.2 Platina sebagai Katalis.....	8
2.9. Metanol Analyzer.....	7
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>10</b>

3.1. Waktu dan Tempat.....	10
3.2 Alat dan Bahan.....	10
3.2.1. Alat.....	10
3.2.2. Bahan.....	10
3.3 Prosedur Penelitian.....	10
3.3.1. Pembuatan Katalis.....	10
3.3.2. Pembuatan Elektroda.....	11
3.3.3. Preparasi <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA).....	11
3.3.4. Konversi CO <sub>2</sub> Menjadi CH <sub>3</sub> OH secara Elektrokimia.....	12
3.3.5. Identifikasi Produk dan Analisis Data.....	13
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>14</b>
4.1. Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA).....	14
4.1.1. Pembuatan Elektroda.....	15
4.1.2. Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA).....	16
4.2. Hasil Konversi CO <sub>2</sub> menjadi CH <sub>3</sub> OH secara Elektrokimia.....	16
4.2.1. Pengaruh Suhu pada single stack.....	16
4.2.1. Pengaruh Waktu pada double stack.....	20
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>25</b>
5.1. Kesimpulan.....	25
5.2. Saran.....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>26</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>30</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1 Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Metanol pada Single Stack.....	17
Tabel 2 Arus terukur terhadap Variasi Suhu pada Single Stack.....	18
Tabel 3 pH Metanol terukur pada Single Stack.....	19
Tabel 4 Pengaruh waktu operasi Elektrolit $\text{KHCO}_3$ pada Double Stack.....	20
Tabel 5 Pengaruh arus terhadap waktu pada Double Stack.....	21
Tabel 6 Pengaruh pH terhadap waktu pada Double Stack.....	23

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1 Struktur Kimia Nafion (asam poliperflorosulfonat ionomer).....	6
Gambar 2 Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Metanol pada Single Stack.....	17
Gambar 3 Arus terukur terhadap Variasi Suhu pada Single Stack.....	18
Gambar 4 pH Metanol terukur pada Single Stack.....	19
Gambar 5 Pengaruh waktu operasi Elektrolit $\text{KHCO}_3$ pada Double stack.....	20
Gambar 6 Pengaruh arus terhadap waktu pada Double stack.....	21
Gambar 7 Pengaruh pH terhadap waktu pada Double stack.....	23



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1 Skema Pembuatan GDL (Gas Diffusion Layer).....	30
Lampiran 2 Skema Preparasi Katalis Cu <sub>2</sub> O-ZnO/C.....	30
Lampiran 3 Skema Pembuatan Elektroda Cu <sub>2</sub> O-ZnO/C.....	31
Lampiran 4 Skema Pembuatan Elektroda Pt/C.....	31
Lampiran 5 Skema Pembuatan <i>Membran Electrode Assambly</i> (MEA).....	32
Lampiran 6 Skema Konversi CO <sub>2</sub> Menjadi Metanol Variasi Suhu pada Single Stack.....	33
Lampiran 7 Skema Konversi CO <sub>2</sub> Menjadi Metanol Variasi Waktu pada Double Stack.....	34
Lampiran 8 Perhitungan Faktor Konversi CO <sub>2</sub> Variasi Suhu.....	35-41
Lampiran 9 Perhitungan Faktor Konversi CO <sub>2</sub> Variasi Waktu.....	42-47
Lampiran 10 Alat dan Bahan yang digunakan.....	48

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gas CO<sub>2</sub> merupakan kontributor utama perubahan iklim berupa emisi gas rumah kaca. Emisi gas CO<sub>2</sub> bisa bermula dari aktivitas manusia seperti, transportasi, pembakaran, aktivitas industri, respirasi biologis, tumpukan berbagai sampah, pengeringan lahan gambut, pabrik industri, semen, etanol, hidrogen, besi atau baja dan bisa juga berasal dari lahan pertanian (Abd et al., 2020). CO<sub>2</sub> juga dapat diperoleh dari hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi dan mikro organisme (Fitriani, 2012).

Keberadaan gas CO<sub>2</sub> berdampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengurangi kandungan dari CO<sub>2</sub>. Adapun cara untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> adalah dengan mengkonversikan CO<sub>2</sub> menjadi suatu senyawa yang ramah lingkungan dan bermanfaat bagi manusia dan juga alam. Kini, telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan suatu senyawa yang ramah lingkungan dengan menggunakan bahandasar CO<sub>2</sub>, untuk menanggulangi bahaya dari gas CO<sub>2</sub> (Ramadan dan Riyanto, 2017). Salah satu cara untuk mengkonversikan CO<sub>2</sub> menjadi senyawa yang ramah lingkungan adalah dengan metode reduksi elektrokimia.

Reduksi elektrokimia merupakan salah satu metode ramah lingkungan yang digunakan untuk mengkonversi CO<sub>2</sub>. Proses elektrolisis dengan elektroda logam sebagai elektroda kerja (tempat reduksi) sehingga kontak antara larutan dan senyawa lebih reaktif (Hakim & Pangestu, 2015). Secara elektrokimia, *Membrane Electrode Assembly* (MEA) sebagai penghasil metanol dalam reduksi CO<sub>2</sub>. MEA terbagi menjadi dua elektroda, yaitu anoda dan katoda yang antaranya mengandung membran elektrolit (Rohendi et al.2013). MEA dapat dikatakan efektif jika MEA itu dapat menyeimbangkan aliran gas reaktan dari suatu larutan

Proses dari reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub> berfokus dalam berbagai jenis elektroda logam sebagai prodyk utamanya seperti kombinasi Fe, campuran Cu, Pb, dan Hg dengan HCOOH. Kemudian, mempelajari pembentukan CH<sub>3</sub>OH dari CO<sub>2</sub>, dengan berbagai logam dan semi konduktor seperti rutenium, molibdenum, sehingga menghasilkan yang pasti. Tetapi, kerapatan arus kurang dari 1mA cm<sup>-2</sup>. Logam yang mampu mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi senyawa hidrokarbon yang cepat dan efisien ialah logam Cu (Le, 2011). Aktivitas elektrokimia Cu selama proses reduksi elektro kimia CO<sub>2</sub> telah dilakukan di larutan elektrolit KHCO<sub>3</sub> dan hasilnya berupa CH<sub>4</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Tuyen and Le, 2011). Pengaruh elektrolit terhadap elektroda merkuri telah diteliti melalui berbagai larutan seperti NaHCO<sub>3</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NaCl, NaClO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, LiHCO<sub>3</sub>, dan KHCO<sub>3</sub> sebagai elektrolit pada konsentrasi yang divariasikan dan hasilnya menunjukkan konsentrasi optimal pada setiap elektrolit (Horii and Suzuki, 1982). Studi aktivitas elektrokatalis Cu dalam reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub> dilakukan dalam larutan elektrolit KHCO<sub>3</sub> 0,5 M pada elektroda berbentuk mangkuk disimpan dengan electrodeposisi katalis Cu<sub>2</sub>O-ZnO (Albo et al., 2015).

Suhu, arus dan pH dari elektrolit memiliki pengaruh dalam proses reduksi CO<sub>2</sub> menjadi metanol sehingga perlu dilakukan penelitian guna mendapatkan kondisi optimum dalam reduksi CO<sub>2</sub> menjadi metanol. Pada penelitian ini dilakukan reduksi CO<sub>2</sub> menjadi metanol secara elektrokimia menggunakan elektrolit cair berupa KHCO<sub>3</sub> di sisi katoda dan H<sub>2</sub>O di sisi anoda dengan variasi suhu pada elektrolit menggunakan single dan double stack. Penelitian ini didasarkan pada kombinasi dari katalis Cu<sub>2</sub>O-ZnO/C dengan loading katalis 1 mg/cm<sup>2</sup>. Hasil konversi CO<sub>2</sub> menjadi metanol dianalisis dengan *Methanol analyzer*.

### 2.1. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh suhu elektrolit KHCO<sub>3</sub> terhadap konversi CO<sub>2</sub> menjadi metanol menggunakan elektroliser *single stack*?
2. Bagaimana pengaruh waktu elektrolisis terhadap konversi CO<sub>2</sub> menjadi metanol menggunakan elektroliser *double stack*?

### 3.1. Tujuan Penelitian

1. Menentukan suhu optimal elektrolit  $\text{KHCO}_3$  pada konversi  $\text{CO}_2$  menjadi metanol menggunakan elektroliser *single stack*.
2. Menentukan waktu optimal pada konversi  $\text{CO}_2$  menjadi metanol menggunakan elektroliser *double stack*

### 4.1. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk menghasilkan produk bahan bakar metanol yang dihasilkan dari gas  $\text{CO}_2$  melalui reduksi elektrokimia menggunakan katalis  $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$  sebagai katoda, *Membran Electrode Assembly* (MEA) sebagai membran elektrolit,  $\text{Pt/C}$  sebagai anoda, serta dengan variasi suhu elektrolit  $\text{KHCO}_3$  dan juga bermanfaat untuk mengurangi dampak negatif akibat adanya gas  $\text{CO}_2$  berlebih yang mencapai atmosfer bumi yang akan mengakibatkan efek rumah kaca.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd, Ammar Ali, Naji, Samah Zaki, Hashim, Atheer Saad, & 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.
- Aghighi, M. , Hoeh, M. A. , Lehnert, W. , Merle, G. , & Gostick, J. (2016). Simulation Of a Full Fuel Cell Membrane Electrode Assembly Using Pore Network Modeling. *Journal Of The Electrochemical Society*, 163(5), F384– F392.
- Albo, J. , Alvarez-Guerra, M. , Castano, P. , & Irabien, A. (2015). Total Iron Measurement In Human Serum With a Smartphone. *Aiche Annual Meeting, Conference Proceedings*, 1–3.
- Albo, J. , & Irabien, A. (2016a). *Cu<sub>2</sub>O-Based Catalysts For The Electrochemical Reduction Of Co<sub>2</sub> At Gas-Diffusion Electrodes*. 1–20.
- Albo, J. , & Irabien, A. (2016b). Cu<sub>2</sub>O-Loaded Gas Diffusion Electrodes For The Continuous Electrochemical Reduction Of Co<sub>2</sub> To Methanol. *Journal Of Catalysis*, 343, 232–239.
- Andrés, M. A. , Vijjapu, M. T. , Surya, S. G. , Shekhah, O. , Salama, K. N. , Serre, C. , Eddaoudi, M. , Roubeau, O. , & Gascón, I. (2020). Methanol And Humidity Capacitive Sensors Based On Thin Films Of Mof Nanoparticles. *Acs Applied Materials And Interfaces*, 12(3), 4155–4162.
- Avcioğlu, G. S. , Fıcıcılar, B. , & Eroğlu, I. (2016). Effect Of Ptfе Nanoparticles In Catalyst Layer With High Pt Loading On Pem Fuel Cell Performance. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 41(23), 10010–10020.
- Banik, N. , Koesoemadinata, A. , Wagner, C. , Inyang, C. , & Bui, H. (2013). *No Title Стационарная Медицинская Помощь (Основы Организации)*.
- Bogolowski, N. , & Drillet, J. F. (2015). Appropriate Balance Between Methanol Yield And Power Density In Portable Direct Methanol Fuel Cell. *Chemical Engineering Journal*, 270, 91–100

- Bonifácio, R. N. , Neto, A. O. , & Linardi, M. (2014). Influence Of The Relative Volumes Between Catalyst And Nafion Ionomer In The Catalyst Layer Efficiency. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 39(27), 14680–14689.
- Chen, M. , Zhao, C. , Sun, F. , Fan, J. , Li, H. , & Wang, H. (2020). Research Progress Of Catalyst Layer And Interlayer Interface Structures In Membrane Electrode Assembly (Mea) For Proton Exchange Membrane Fuel Cell (Pemfc)System. *Etransportation*, 5, 100075.
- Fitriani, L. (2012). *Studi Reaksi Reduksi Co<sub>2</sub> Dengan Metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu*. 1–71
- Ganesh, I. (2014). Conversion Of Carbon Dioxide Into Methanol - A Potential Liquid Fuel: Fundamental Challenges And Opportunities (a Review). *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 31, 221–257.
- Gao, Y. Y. , Qiu, F. , Geng, R. , Chu, J. G. , Zhao, Q. L. , & Jiang, Q. C. (2019). Effects Of Nanosized Ticp Dispersion On The High-Temperature Tensile Strength And Ductility Of In Situ Ticp/Al-Cu-Mg-Si Nanocomposites. *Journal Of Alloys And Compounds*, 774, 425–433.
- Hakim, M. S. , & Pangestu, H. (2015). Studi Konversi Karbon Dioksida( Co<sub>2</sub> ) Dengan Teknik Reduksi Elektrokimia Menggunakan Elektroda Tembaga ( Cu ). *Seminar Nasional Universitas Jendral Achmad Yani Bandung, June*, 2–3.
- Hori, Y. , & Suzuki, S. (1982). Electrolytic Reduction Of Carbon Dioxide At Mercury Electrode In Aqueous Solution. In *Bulletin Of The Chemical Society Of Japan* (Vol. 55, Issue 3, Pp. 660–665).
- Irfan Malik, M. , Malaibari, Z. O. , Atieh, M. , & Abussaud, B. (2016). Electrochemical Reduction Of Co<sub>2</sub> To Methanol Over Mwents Impregnated With Cu<sub>2</sub>O. *Chemical Engineering Science*, 152, 468–477.
- Karapetis, S. , Nikolelis, D. , & Hianik, T. (2018). Label-Free And Redox Markers- Based Electrochemical Aptasensors For Aflatoxin M1 Detection. *Sensors (Switzerland)*, 18(12), 1–14.
- König, M. , Vaes, J. , Klemm, E. , & Pant, D. (2019). Solvents And Supporting Electrolytes In The Electrocatalytic Reduction Of Co<sub>2</sub>. *Iscience*, 19, 135–

160.

- Natalia, K. , & Taer, E. (2019). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Sifat Fisis Dan Elektrokimia Elektroda Superkapasitor Dari Limbah Daun Akasia (Acacia Mangium Wild). *Komunikasi Fisika Indonesia*, 16(2), 81.
- Peng, C. , Crawshaw, J. P. , Maitland, G. C. , Martin Trusler, J. P. , & Vega-Maza, D. (2013). The Ph Of Co<sub>2</sub>-Saturated Water At Temperatures Between 308 K And 423 K At Pressures Up To 15 Mpa. *Journal Of Supercritical Fluids*, 82, 129– 137.
- Petrognani, C. , Boon, N. , & Ganigué, R. (2020). Production Of Isobutyric Acid From Methanol By: Clostridium Luticellarii. *Green Chemistry*, 22(23), 8389– 8402.
- Ramadan, S. , & Riyanto, R. (2017). Conversion Of Carbon Dioxide To Ethanol By Electrochemical Synthesis Method Using Brass As a Cathode. *Jurnal Eksakta*, 17(2), 86–97.
- Rifal, M. , & 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.
- Rohendi, D. , Majlan, E. H. , Mohamad, A. B. , Wan Daud, W. R. , Hassan Kadhum, A. A. , & Shyuan, L. K. (2013). Characterization Of Electrodes And Performance Tests On Meas With Varying Platinum Content And Under Vario Operational Conditions. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 38(22), 9431–9437.
- Speight, J. G. (2020). The Properties Of Water. In *Natural Water Remediation* (Issue I).
- St-Pierre, J. , & Zhai, Y. (2020). Impact Of The Cathode Pt Loading On Pemfc Contamination By Several Airborne Contaminants. *Molecules*, 25(5).
- Sudhaker, S. , & Jain, R. (2016). Effect Of Using Propanol As Internal Standard On Quantitative Determination Of Ethanol In Different Biological Matrices By Head Space-Gas Chromatography-Flame Ionization Detector. *Madridge Journal Of Analytical Sciences And Instrumentation*, 1(1), 1–3.
- Tuyen, M. , & Le, H. (2011). (Thesis) M. T. H. Le, Louisiana State University, Agricultural And Mechanical College, 2011.

- Vietanti, F. , Susanti, D. , Purwaningsih, H. , & Kurniawan, F. (2019). Pengaruh Reduktor Zink Pada Sintesis Graphene Terhadap Performa Pdau/Graphene Sebagai Material Elektrokatalis Dmfc. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan Vii- Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya* , 379–384.
- Yang, R. J. , Liu, C. C. , Wang, Y. N. , Hou, H. H. , & Fu, L. M. (2017). A Comprehensive Review Of Micro-Distillation Methods. *Chemical Engineering Journal*, 313, 1509–1520



