

**KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) MENJADI METANOL DENGAN  
METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN KATALIS Pt-  
Ru/C PADA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh :  
Muhammad Husnul Hafiz  
08031181621020**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KONVERSI KARBON DIOKSIDA MENJADI METANOL DENGAN  
METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN KATALIS Pt-  
Ru/C PADA MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**MUHAMMAD HUSNUL HAFIZ**

**08031181621020**

Indralaya, 19 Januari 2021

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Fahma Riyanti, M. Si**  
**NIP. 197204082000032001**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Dr. Ishak Iskandar, M.Sc.**  
**NIP. 197210041997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) MENJADI METANOL DENGAN METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN KATALIS Pt-Ru/C PADA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 9 Januari 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 14 Januari 2020

### Ketua :

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

(  )

NIP. 196704191993031001

### Anggota :

2. **Fahma Riyanti, M.Si**

(  )

NIP. 197204082000032001

3. **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si.**

(  )

NIP. 197711272005011003

4. **Dr. Nirwan Syarif M.Si**

(  )

NIP. 197010011999031003

5. **Dr. Miksusanti, M.Si**

(  )

NIP. 196807231992032003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

  
Prof. Dr. Shuk Iskandar, M.Sc.  
NIP. 197210041997021001

Ketua Jurusan Kimia

  
Dr. Hasanudin, M.Si.  
NIP197205151997021003

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhammad Husnul Hafiz


NIM : 08031181621020

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, 19 Januari 2021  
Penulis,



Muhammad Husnul Hafiz  
NIM. 08031181621020


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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Husnul Hafiz  
NIM : 08031181621020  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
JenisKarya : 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: judul “KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) MENJADI METANOL DENGAN METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN KATALIS Pt-Ru/C PADA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 19 Januari 2021  
Yang menyatakan,  
  
Muhammad Husnul Hafiz  
NIM. 08031181621020

## LEMBAR PERSEMBAHAN

- *“Man jadda wa jadda”*
- *“Jadilah penenang saat semua kacau dan jadilah penghibur saat semua sedih”*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :

- **Allah SWT**
- **Nabi Muhammad SAW**

Dan kupersembahkan kepada:

1. Ayah dan Ibuku tercinta yang selalu mendoakan dan mensupportku sehingga aku menjadi seperti ini.
2. Saudara-saudaraku yang selalu memberikan semangat dan memberikan perhatian
3. Pembimbing skripsiku yang telah banyak memberikan ilmu
4. Seseorang yang selalu ada dalam suka dan duka yang selalu kubawa dalam doa
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

## KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum warrahmatullah wabarakatuh

Segala puja dan puji hanya milik Allah SWT, Tuhan yang menciptakan dan memelihara alam semesta. Hanya kepadaNya kita berserah dan memohon pertolongan. Penulis mengucapkan syukur alhamdulillah karena dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) MENJADI METANOL DENGAN METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN KATALIS Pt-Ru/C PADA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA). Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bpk Dr. Dedi Rohendi, M.T. dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si. yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk, atas kesabaran dan kebesaran hati kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada

1. Bapak Prof. Iskhaq Iskandar, M.Sc, selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
2. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku ketua jurusan kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si sebagai dosen pembimbing Akademik.
4. Bapak Nirwan Syarif, M.S.i, Bapak Dr. rer . nat. Risfidian Mohadi, M.Si dan Ibu Dr. Miksusanti, M.Si.
5. Ayahku dan Ibuku tercinta yang selalu memberikan semangat dan nasihat kepada anakmu .
6. Adikku Nurul Afifah Aprilianti dan Ezza Kamila Ramadia semoga menjadi insan yang bisa membawa nama baik keluarga serta berguna bagi agama dan negara.
7. Keluarga besar H. Marfuadi yang telah banyak memberikan doa dan motivasi.
8. Kakak PUR (kak Dea, kak Reka, kak Dwi, kak Icha) yang selalu membantu kelancaran penelitian ini

9. Teman PUR Dhoan, Faisal, Amed, Irwan, yang selalu bisa diandalkan.
10. Seluruh teman-teman angkatan 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 yang telah menjadi bagian dari kenangan yang berharga semoga dapat bertemu kembali dalam kesuksesan yang kita dapatkan.
11. Mentor Penelitian kak Dea, kak Dwi dan Kak reka terima kasih telah memberi banyak ilmu.
12. Sahabat – sahabat haha hihi yang telah memberikan support dan semangat.
13. Yang tespesial yang selalu memberikan support semangat
14. Kak Iin, mbk Novi dan Analis Jurusan Kimia.
15. Kantin emak yang selalu menyediakan tempat makan dan utang.
16. Semua pihak yang mendukung dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi yang tidak bisa diucapkan satu persatu.

Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassammua'alaikum warahmatullah wabarakatuh

Indralaya, Januari 2021

Penulis

Muhammad Husnul Hafiz



## SUMMARY

### CONVERSION OF CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) TO METHANOL WITH ELECTROCHEMICAL REDUCTION METHOD USING Pt-Ru/C CATALYST IN MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)

Muhammad Husnul Hafiz: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Fahma Riyanti, M.Si  
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xiv + 60 Pages 3 Tables, 8 Pictures, 10 Attachment

Fabrication and characterization of Pt/C and Pt-Ru/C electrodes for the conversion of carbon dioxide to methanol have been carried out. The electrodes were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Cyclic Voltammetry (CV) and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). XRD analysis results shows the diffractogram of the electrode with a Pt/C catalyst obtained at  $2\theta = 39.7^\circ$  shows characteristic peak of platina. In addition, the  $2\theta = 26.34^\circ$  peak shows presence a carbon. At the Pt-Ru/C electrode the diffractogram shows the presence of Ru at  $2\theta = 47.02^\circ$  and the platinum diffractogram at  $2\theta = 26.734^\circ$ . The results of the analysis using the CV method obtained the highest ECSA value on the electrode with Pt-Ru/C catalyst with a catalyst loading of  $2 \text{ mg/cm}^2$  of  $100.61 \text{ cm}^2/\text{g}$ . Meanwhile the measurement of EIS obtained a high conductivity value for Pt-Ru/C catalyst with 2 catalyst loading  $\text{mg/cm}^2$  of  $0.123 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ . The results of the conversion of carbon dioxide to methanol get high yields on Pt-Ru/C catalyst in the cathode and Pt/C at the anode, with catalyst loading of  $2 \text{ mg/cm}^2$  and flow rate of  $100 \text{ mL/minute}$  at a voltage of  $2 \text{ V}$  is  $4.10\% \text{ w/w}$ .

**Keywords: electrochemical reduction, carbon dioxide, MEA, Pt-Ru/C catalyst, methanol.**

Citations: 44 (2000-2018)

## RINGKASAN

### **KONVERSI KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) MENJADI METANOL DENGAN METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA MENGGUNAKAN KATALIS Pt-Ru/C PADA MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)**

Muhammad Husnul Hafiz: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Fahma Riyanti, M.Si  
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xiv + 67 Halaman 3 Tabel, 8 Gambar, 10 Lampiran

Telah dilakukan pembuatan dan karakterisasi elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C untuk konversi karbon dioksida menjadi metanol. Elektroda dikarakterisasi menggunakan metode *X-Ray diffraction* (XRD), *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). Hasil analisa XRD menunjukkan difraktogram dari elektroda dengan katalis Pt/C pada sudut  $2\theta = 39,7^\circ$  terdapat puncak khas platina, sedangkan pada puncak  $2\theta = 26,34^\circ$  menunjukkan karbon. Difraktogram elektroda Pt-Ru/C menunjukkan keberadaan Ru pada  $2\theta = 47,02^\circ$  dan platina pada puncak  $2\theta = 40,74^\circ$ . Hasil analisis dengan metode CV diperoleh nilai ECSA yang paling besar pada elektroda dengan katalis Pt-Ru/C dengan pemuatan katalis  $2 \text{ mg/cm}^2$  sebesar  $100,61 \text{ cm}^2/\text{g}$ , sementara pada pengukuran EIS didapatkan nilai konduktivitas yang tinggi pada katalis Pt-Ru/C dengan pemuatan katalis  $2 \text{ mg/cm}^2$  sebesar  $0,123 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ . Hasil dari konversi karbon dioksida menjadi metanol didapatkan hasil produksi yang tinggi pada katalis Pt-Ru/C di katoda dan Pt/C di anoda, dengan pemuatan katalis  $2 \text{ mg/cm}^2$  dan laju alir  $100 \text{ mL/menit}$  pada tegangan  $2 \text{ V}$  yaitu sebesar  $4,10 \%$  b/b.

**Kata kunci : Reduksi elektrokimia, karbon dioksida, MEA, katalis Pt-Ru/C, metanol.**

Kutipan : 44 (2000-2018)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	2
1.2. Rumusan Masalah.....	2
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 Reduksi CO <sub>2</sub> Menjadi Metanol.....	5
2.3 Metanol .....	6
2.4 Elektroda.....	9
2.4.1 Platina sebagai ekektroda.....	9
2.4.2 Pt-Ru/C sebagai katalis .....	10
2.5 Karakterisasi Katalis .....	10
2.5.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	10
2.5.2 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	11

2.5.3	<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i> .....	12
2.6	Membran Elektrode Assembly (MEA) .....	13
2.7	Identifikasi Produk .....	13
2.7.1	Analisis Menggunakan <i>Refractometer</i> .....	14
<b>BAB III</b>	<b>METODELOGI PENELITIAN</b> .....	<b>16</b>
3.1	Waktu dan Tempat .....	16
3.2	Alat dan Bahan.....	16
3.3	Prosedur Penelitian .....	16
3.3.1	Preparasi Membrane Elektrode Assembly (MEA).....	16
3.3.2	Karakterisasi Elektroda .....	18
3.3.2.1	Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	18
3.3.2.2	Pengujian <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	18
3.3.2.3	Pengujian <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> dan Pengukuran konduktivitas elektrik.....	18
3.3.3	Konversi Elektrokimia CO <sub>2</sub> Menjadi Metanol.....	19
3.3.4	Identifikasi Produk Analisa <i>refractometer</i> .....	19
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>21</b>
4.1	Hasil Preparasi Membrane Elektrode Assembly MEA.....	21
4.2	Hasil Karakterisasi Elektroda .....	22
4.2.1	Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	22
4.2.2	Hasil Pengujian <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	24
4.2.3	Hasil Pengujian <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> dan Pengukuran konduktivitas elektrik ....	28
4.3	Hasil Konversi karbon dioksida menjadi metanol.....	30
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>31</b>
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>38</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Representasi Reduksi Elektrokimia Karbon Dioksida .....	6
Gambar 2. Menunjukkan pola XRD dari katalis Pt-Ru/C .....	11
Gambar 3. Voltammogram Pt–Ru/C.....	12
Gambar 4. Elektroda Pt-Ru/C .....	20
Gambar 5. MEA dengan katalis Pt/C pada anoda dan Pt-Ru/C pada katoda.....	21
Gambar 6. Difraktogram dari elektroda dengan katalis (a) Pt/C dan (b) Pt-Ru/C.	22
Gambar 7. Voltamogram dari elektroda dengan pemuatan katalis Pt/C.....	23
Gambar 8. Voltamogram dari elektroda dengan pemuatan katalis Pt-Ru/C.....	25
a. 1 mg/cm <sup>2</sup>	
b. 1,5 mg/cm <sup>2</sup>	
c. 2 mg/cm <sup>2</sup>	
d. 2,5 mg/cm <sup>2</sup>	
Gambar 9. Kurva <i>nyquist</i> pada elektroda dengan katalis Pt-Ru/C .....	27
Gambar 10. kurva kalibrasi pengukuran metanol standar.....	29

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Perhitungan ECSA pada Beberapa Katalis. ....	26
Tabel 2. Hasil Perhitungan Konduktivitas Beberapa Katalis .....	27
Tabel 3. Data hasil pengukuran konsentrasi metanol dengan <i>refractometer</i> .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Preparasi GDL .....	39
Lampiran 2. Skema Pembuatan MEA.....	40
Lampiran 3. Skema Pengujian Reduksi Elektrokimia CO <sub>2</sub> .....	41
Lampiran 4. Data Digital X-Ray Diffraction Pt/C .....	42
Lampiran 5. Data Digital X-Ray Diffraction Pt-Ru/C .....	43
Lampiran 6. Data perhitungan ukuran kristal menggunakan XRD.....	44
Lampiran 7. Diagram Voltammogram dan Perhitungan ECSA.....	45
Lampiran 8. Data Hasil Fitting Kurva <i>Nyquist</i> dan Nilai Konduktivitas Listrik .56	
Lampiran 9. Kurva kalibrasi metanol dengan <i>refractometer</i> .....	60
Lampiran 10. Gambar Alat dan Bahan Penelitian .....	61

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan komponen penyusun atmosfer yang sangat melimpah. Sejak revolusi industri, kadar gas CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat hingga 379 ppm. Keberadaan gas CO<sub>2</sub> di atmosfer mengakibatkan dampak lingkungan pada banyak segi kehidupan. Kelimpahan gas CO<sub>2</sub> yang tinggi merupakan salah satu penyumbang utama (64%) aktivitas gas rumah kaca di atmosfer bumi (Neelameggham, 2008)

Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi akan mengakibatkan kenaikan temperatur global yang memicu perubahan iklim (*global warming*). Perubahan iklim yang drastis akan mengakibatkan bencana alam seperti banjir, kenaikan suhu ekstrem, berbagai penyakit, tanah longsor, perubahan musim, perubahan arah angin, pencemaran dan ekosistem. Dengan Potensi CO<sub>2</sub> yang tinggi di udara dan efek yang sangat berbahaya, maka penelitian untuk mengkonversi CO<sub>2</sub> menjadi senyawa yang bermanfaat dalam hal ini ialah metanol sangat perlu untuk dilakukan. Beberapa metode telah dilakukan untuk mengkonversi CO<sub>2</sub>. Konversi CO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan menggunakan teknik radiokimia, kimia, termokimia, fotokimia, biokimia dan elektrokimia (Hakim, 2015).

Beberapa literatur menyatakan bahwa reduksi elektrokimia ialah reaksi penambahan elektron oleh sebuah molekul, atom, atau ion dengan merubah energi kimia menjadi energi listrik. Reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub> sangat bergantung pada elektroda yang digunakan, kondisi reaksi, komposisi dan konsentrasi elektroda. Kelebihan dari reduksi CO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode elektrokimia ialah selektivitas produk yang dihasilkan pada katoda akan berbeda-beda serta alat dan bahan yang digunakan sangat sederhana dan ekonomis karena tidak membutuhkan kondisi vakum maupun temperatur yang tinggi (Fitriani, 2012). Pada penelitian sebelumnya (shironita *et al.*, 2013). Telah dilakukan penelitian reduksi elektrokimia CO<sub>2</sub> menggunakan *Membrane Elektrode Assembly* (MEA) yang biasa digunakan pada PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) dan DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*). Sifat elektrokatalitik dari logam yang digunakan sebagai elektroda tidak



hanya akan mempengaruhi persen konversi CO<sub>2</sub>, tetapi juga distribusinya. Produk dari reaksi elektroda CO<sub>2</sub> kemudian dianalisis dengan spektrometri gas kromatografi dan yang menghasilkan sedikit metanol yang terdeteksi (Shironita *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini digunakan CO<sub>2</sub> yang berasal dari tabung gas CO<sub>2</sub>. Untuk mengkonversi CO<sub>2</sub> menjadi metanol metode yang digunakan adalah metode reduksi elektrokimia. Reduksi elektrokimia menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) yang merupakan gabungan dari katoda dan anoda yang di antara keduanya terdapat membran elektrolit. MEA merupakan komponen penting yang terdapat pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) dan *Proton Exchange Membrane Fuel Cells* (PEMFC) (Shironita *et.al*, 2013). Reduksi CO<sub>2</sub> menjadi metanol akan dilakukan menggunakan MEA dengan katalis Pt/C pada anoda dan Pt-Ru/C pada katoda dengan pemuatan katalis yang bervariasi.

Untuk mendapatkan hasil metanol digunakannya katalis Pt-Ru/C karna katalis Pt memiliki keuntungan yaitu tidak bereaksi dengan air dan udara, tapi dapat terlarut dalam air panas, posfat pekat panas dan asam sulfat, serta memiliki sifat tahan terhadap korosi seperti emas, karena itu tidak akan teroksidasi dalam udara berapapun temperaturnya dan kelebihan dari katalis Ru memiliki aktivitas yang tinggi dalam hidrogenasi senyawa karbonil alifatik dan cincin aromatik pada kondisi medium tanpa reaksi sampingan, jika terdapat air dalam sistem reaksi, katalis ini akan memberikan aktivitas yang lebih tinggi lagi. Katalis ini tahan akan senyawa sulfur yang biasanya merupakan racun bagi katalis logam mulia. Katalis ini stabil dalam pelarut asam dan basa, dan dapat digunakan untuk reaksi dalam asam kuat dan tahan dengan keracunan terhadap CO.

Keberhasilan proses elektrokimia dengan menggunakan MEA sangat tergantung pada kinerja elektrodanya. Untuk itu pada elektroda dilakukan variasi pemuatan katalis dengan variasi (1mg/Cm<sup>2</sup>), (1,5mg/Cm<sup>2</sup>), (2mg/Cm<sup>2</sup>), (2,5mg/Cm<sup>2</sup>). Selanjutnya elektroda dikarakterisasi, karakterisi elektroda pada penelitian ini menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). MEA akan dipasang ke dalam reaktor elektrokimia. Arus, laju alir dan katalis akan mempengaruhi hasil reaksi

secara keseluruhan baik persen konversi ataupun efisiensi faraday, dalam hal arus yang dialirkan dengan tegangan 2.0 V. untuk mengetahui pada tegangan berapa metanol dapat dihasilkan. Metanol yang diperoleh dari hasil konversi CO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode reduksi elektrokimia tersebut akan dianalisis menggunakan *Refractometer*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat dan mengkarakterisasi elektroda dengan katalis Pt-Ru/C yang akan digunakan dalam MEA untuk elektrolisis CO<sub>2</sub> ?
2. Bagaimana pengaruh variasi pemuatan katalis Pt-Ru/C terhadap produksi metanol dari CO<sub>2</sub> dengan metode reduksi elektrokimia?

## 1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat dan mengkarakterisasi elektroda Pt-Ru/C meliputi karakterisasi kristal menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD), pengukuran aktifitas elektrokimia menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) dan konduktivitas elektrik dengan menggunakan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
2. Mengkonversi CO<sub>2</sub> dari tabung gas CO<sub>2</sub> menjadi metanol secara reduksi elektrokimia menggunakan MEA dengan pemuatan katalis Pt-Ru/C .

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah mengubah CO<sub>2</sub> menjadi bahan yang lebih bernilai dalam hal ini metanol secara reduksi elektrokimia dengan variasi pemuatan katalis Pt-Ru/C menggunakan MEA. Penelitian ini juga bermanfaat mengurangi dampak negatif dari efek rumah kaca yang ditimbulkan akibat adanya gas CO<sub>2</sub> berlebih yang mencapai atmosfer bumi

## DAFTAR PUSTAKA

- Albo, J., M. Alvarez-Guerra, P. Castaño, and A. Irabien. 2015. Towards the Electrochemical Conversion of Carbon Dioxide into Methanol, *Green Chemistry*, 17.4 : 2304–24.
- Albo, Jonathan, and Angel Irabien, 2016. 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- 232–39 : 11.014.
- Al-Kalbani, Haitham, Jin Xuan, Susana García, and Huizhi Wang. 2016. Comparative Energetic Assessment of Methanol Production from CO<sub>2</sub>: Chemical versus Electrochemical Process *Applied Energy*, 165: 1–13 .
- Al-Saydeh, S. 2018. Carbon Dioxide Conversion to Methanol: Opportunities and Fundamental Challenges. doi: 10.5772/intechopen.74779.
- Amin, H. M. A. *et al.* (2018) 'Non-triangular potential sweep cyclic voltammetry of reversible electron transfer: Experiment meets theory', *Journal of Electroanalytical Chemistry*. Elsevier B.V, 815(2017), pp. 24–29. doi: 10.1016/j.jelechem.2018.03.001.
- Chang, Hao Ming, and Min Hsing Chang. 2013. Effect of Gas Diffusion Layer with Double-Side Microporous Layer Coating on Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Performance', *Journal of Fuel Cell Science and Technology*, 10.2 :7819–31.
- Cotton, F., Wilkinson, G. 2007. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: UI Press.
- Fitriani, Rizky Dwi. 2016. *Degradasi Elektrokimia Zat Warna Naphthol Blue Black Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Nanopori*.
- Fitriani, L. (2012). *Studi Reaksi Reduksi CO<sub>2</sub> dengan metode Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu. Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Harahap, Muhammad Ridwan. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik Dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 2, No. 1, Pp. 177–80 : 764.
- Hakim ,Muh. Supwatul, Haryoko Pangestu Riyanto. 2015. Menggunakan, Elektrokimia, Et Al. *Studi Konversi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Dengan Teknik Reduksi Elektrokimia Menggunakan Elektroda Tembaga (Cu)*.

- Han, K. I. *et al.* (2004) 'Studies on the anode catalysts of carbon nanotube for DMFC', *Electrochimica Acta*, 50(2-3 SPEC. ISS.), pp. 791–794. doi: 10.1016/j.electacta.2004.01.115.
- Hilgendorff, M. *et al.* (2002) 'Preparation Strategies towards Selective Ru-Based Oxygen Reduction Catalysts for Direct Methanol Fuel Cells', *Journal of New Materials for Electrochemical Systems*, 5(2), pp. 71–81.
- Huy, H. A. *et al.* (2016) 'Preparation and characterization of high-dispersed pt/c nano-electrocatalysts for fuel cell applications.', *Journal of Science and Technology*, 54(4). doi: 10.15625/0866-708x/54/4/7308.
- Husin, Husni. 2012. Katalis Bimetal Cu-Cr / Diatomea Untuk Hidrogenasi Minyak Sawit Bimetallic Cu-Cr / Diatomite Supported Catalyst For Palm Oils. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 4.2 :1–6.
- Li, Nanting, *et al.*, 2014. Facile Synthesis Of Bimetallic Au Pd Nanoparticles With Core-Shell Structures On Graphene Nanosheets. *Journal Of Materials Science & Technology*, Vol. 30, No. 11, Elsevier Ltd, Pp: 1071–77.
- Lu, Qi, And Feng Jiao. 2016. Electrochemical CO<sub>2</sub> Reduction: Electrocatalyst Reaction Mechanism And Process Engineering *Nano Energy*. 29 439–56.
- Le, M, M Ren, Z Zhang, P T Sprunger, R L Kurtz, And J C Flake. 2011. Electrochemical Reduction Of CO<sub>2</sub> To CH<sub>3</sub>OH At Copper Oxide Surfaces. 158.5 : 45.
- Lestariningsih, T., Sabina, Q. and Majid, N. (2017) 'Pusat Penelitian LIPI, Kawasan PUSPITEK Serpong Gd. 440-442 Tangerang Selatan', *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 07(01), pp. 31–37.
- Lyu, L. *et al.* 2015. A Novel Approach of Reduction of CO<sub>2</sub> into Methanol by Water Splitting with Aluminum over Copper Catalyst. pp. 1–5.
- Mallick, Ranjan K., *Et Al.* 2016. Analysis Of The Clamping Effects On The Passive Direct Methanol Fuel Cell Performance Using Electrochemical Impedance Spectroscopy. *Electrochimica Acta*, Vol. 215. : 150–6.
- Martín, A. J., Larrazábal, G. O. and Pérez-Ramírez, J. 2015 'Towards sustainable fuels and chemicals through the electrochemical reduction of CO<sub>2</sub>: Lessons from water electrolysis', *Green Chemistry*. Royal Society of Chemistry, 17(12), pp. 5114–5130. doi: 10.1039/c5gc01893e.
- Mudunur, S. shekar. 2017. *Optimizing the Process Parameters for Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide*. Arizona State University.

- Neelameggham, N. R. 2008. Carbon Dioxide Reduction Technologies: A Synopsis of the Symposium at TMS 2008.
- Ningsih, sherly kasuma wardah. 2007. STUDI CYCLIC VOLTAMOGRAM LAPISAN TIPIS  $Mn_2O_3$  DAN  $Li-Mn_2O_3$  PADA SUBSTRAT KACA DENGAN METODA DIP-COATING MELALUI PROSES SOL-GEL. FMIPA Universitas Padang : Sumatra Barat.
- Novestiana, T. R. and Hidayanto, E. (2015) ‘Pada Beberapa Sari Buah Menggunakan Portable Brixmeter Portable Brix Meter Mempunyai Manfaat Selain Dari Sekedar Sebagai Alat Untuk Menentukan Portable Brix Meter Ini Digunakan Untuk Memprediksi Indeks Bias Akan Diselidiki Dalam Peristiwa Pembiasan Cahaya’, *Jurnal*, 4(2), pp. 173–179.
- Nugroho, Bayu, And Jurnal Informatika. 2011. Aplikasi Sistem Pendeteksi Kadar Gas Buang Kendaraan Bermotor, 11.2 : 69–77.
- Oliver, J. 2013. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- Park, Nonam, Myung June Park, Kyoung Su Ha, Yun Jo Lee, And Ki Won Jun, 2014. Modeling And Analysis Of A Methanol Synthesis Process Using A Mixed Reforming Reactor: Perspective On Methanol Production And CO<sub>2</sub> Utilization, *Fuel*. 129 : 163–72.
- Pattabiraman, R. 1997. *I Supported Palladium Catalysts*. : 9–20.
- Rohendi, D., E. H. Majlan, A. B. Mohamad, W. R.W. Daud, A. A.H. Kadhum, And L. K. Shyuan,. 2015. Effects Of Temperature And Backpressure On The Performance Degradation Of MEA In PEMFC *International Journal Of Hydrogen Energy*, 40.34 : 10960–68.
- Rohendi, D. *et al.* (2013) ‘Characterization of electrodes and performance tests on MEAs with varying platinum content and under various operational conditions’, *International Journal of Hydrogen Energy*. Elsevier Ltd, 38(22), pp. 9431–9437. doi: 10.1016/j.ijhydene.2013.03.093.
- Rieke, Ross D., Et Al. 1997. Fatty Methyl Ester Hydrogenation To Fatty Alcohol Part I: Correlation Between Catalyst Properties And Activity/Selectivity. *JAOCs, Journal Of The American Oil Chemists Society*. Vol. 74, No. 4.
- Togar, Yan Mulders. 2012. Preparasi Katalis Praseodimium Oksida/ Zeolit Klipnotilolit Aktif Untuk Meningkatkan Bilangan Oktan Pada Gasolin. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

- Tung, S. P. and Hwang, B. J. 2007 'Preparation and characterization of nafion®/hydrated phosphor-silicate hybrid membranes for the direct methanol fuel cell', *Fuel Cells*, 7(1), pp. 32–39. doi: 10.1002/fuce.200600001.
- Saito, Masahiro, R & D. 2000. Activities In Japan On Methanol Synthesis From CO<sub>2</sub> And H<sub>2</sub>. 2 : 175–84.
- Sadeghi-Shoae, Mehdi, Et Al. 2012. *Can Foliar Application With Methanol Improve The Yield , Yield Components And Physiological Performance Of Mung Bean Vigna Radiata L . Scholars Research Library*. No. 10 : 4780–85.
- Setiabudi, A., Hardian, R. and Muzakir, A. (2012) *Karakterisasi Material ; Rifan Hardian, UPI Press*.
- Shironita, Sayoko, Ko Karasuda, Kazutaka Sato, And Minoru Umeda. 2013. Methanol Generation By CO<sub>2</sub> Reduction At A Pt E Ru /C Electrocatalyst Using A Membrane Electrode Assembly. *Journal Of Power Sources*. 240.
- Shironita, S. *et al.* 2013. Feasibility investigation of methanol generation by CO<sub>2</sub> reduction using Pt/C-based membrane electrode assembly for a reversible fuel cell. *Journal of Power Sources*. Elsevier B.V, 228 : 68–74.
- Surahmaida, Surahmaida, Tri Puji Lestari Sudarwati, And Junairiah Junairiah. 2019. Analisis GCMS Terhadap Senyawa Fitokimia Ekstrak Metanol Ganoderma Lucidum. *Jurnal Kimia Riset*. 3,2 : 147.
- Suntana, Asep S., Kristiina A. Vogt, Eric C. Turnblom, And Ravi Upadhye. 2009. Bio-Methanol Potential In Indonesia: Forest Biomass As A Source Of Bio-Energy That Reduces Carbon Emissions', *Applied Energy*, 86.SUPPL. 1, S215–21.
- Subrimobdi, W. B. (2016) 'Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Saccharomyces cerevisiae Terhadap Tingkat Produksi Bioetanol Dengan Bahan Baku Nira Siwalan', pp. 1–13.
- Syagir, Imran Bin Mohammad. 2001. Gas Emisi, And Toksik Karbon. *Universiti Teknologi Malaysia Borang Pengesahan Status Tesis Š. 4*.
- Wahyuningsih, Asri, Yayan Sunarya, And Siti Aisyah. 2010. Metanamina Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon Dalam Lingkungan Sesuai Kondisi Pertambangan Minyak Bumi. *Jurnal Sains Dan Teknologi Kimia*. 1,1 : 17–29.
- Wang, F., Arai, S. and Endo, M. (2004) 'Electrochemical preparation and characterization of nickel/ultra-dispersed PTFE composite films from aqueous solution', *Materials Transactions*, 45(4), pp. 1311–1316. doi: 10.2320/matertrans.45.1311.

- Wahyono, Yoyon, *et al.*, 2017. “Produksi Gas Hydrogen Menggunakan Metode Elektrolisis Dari Elektrolit Air Dan Air Laut Dengan Penambahan Katalis Naoh.” *Youngster Physics Journal*, Vol. 6, No. 4, 353–59.
- Wu, W. *et al.* 2007. Preparation of High-alloying Pt-Ru/CMK-3 Catalysts in THF-H<sub>2</sub>O-Et OH Ternary Solution System, *Acta Physico - Chimica Sinica*, 23(4), pp. 559–564.
- Wulandari, Retno. 2018. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika, dan Ilmu, Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Halaman Pengesahan Karakterisasi Membrane Electrode Assembly (Mea) Dengan Katalis Pt-Ru / C Menggunakan Metode Catalyst-Coated Membrane (Ccm) Dan Uji Kinerja Pada Direct Methanol Fuel Cell (Dmfc), Ccm. Skripsi.
- Yi, P. *et al.* (2012) ‘Investigation of sintered stainless steel fiber felt as gas diffusion layer in proton exchange membrane fuel cells’, *International Journal of Hydrogen Energy*. Elsevier Ltd, 37(15), pp. 11334–11344. doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.04.161.





