

**KARAKTERISASI ELEKTRODA Pt-Co/C YANG DIBUAT DENGAN  
METODE SEMBURAN DAN UJI KINERJANYA MENGGUNAKAN  
RAKITAN ELEKTRODA MEMBRAN (MEA) PADA DMFC**

**SKRIPSI**

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



**Oleh :**

**YUNI MARCELINA**

**08031381419040**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

## HALAMAN PERSETUJUAN

# KARAKTERISASI ELEKTRODA Pt-Co/C YANG DIBUAT DENGAN METODE SEMBURAN DAN UJI KINERJANYA MENGGUNAKAN RAKITAN ELEKTRODA MEMBRAN (MEA) PADA DMFC

## SKRIPSI

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

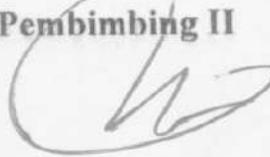
Oleh

**YUNI MARCELINA**  
**08031381419040**

Inderalaya, September 2018

**Pembimbing I**

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

  
**Dr. Nirwan Syarif, M.Si**  
**NIP. 197010011999031003**

Mengetahui,  
**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

## HALAMAN PENGESAHAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C Yang Dibuat Dengan Metode Semburan Dan Uji Kinerjanya Menggunakan Rakitan Elektroda Membran (MEA) Pada DMFC" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dalam Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 12 September 2018 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, September 2018

Ketua :

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



Anggota :

1. Dr. Nirwan Syarif, M.Si  
NIP.197010011999031003
2. Dr. Ady Mara, M.Si  
NIP. 196404301990031003
3. Hermansyah, Ph.D  
NIP.197111191997021001
4. Dr. rer.nat. Risfidian Mohadi, M. Si  
NIP.197711272005011003

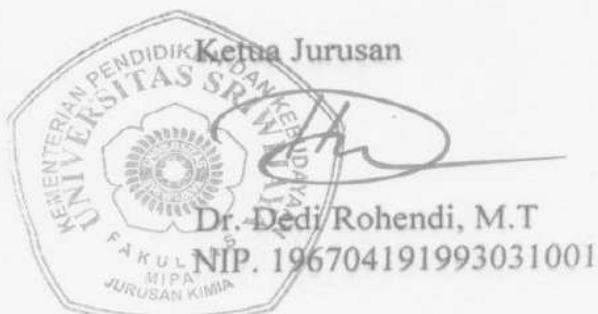
  


Mengetahui,

Dekan FMIPA



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



## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Yuni Marcelina  
NIM : 08031381419040  
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, September 2018

Penulis,



Yuni Marcelina

NIM. 08031381419040

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

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

Nama Mahasiswa : Yuni Marcelina  
NIM : 08031381419040  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “**Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C Yang Dibuat Dengan Metode Semburan Dan Uji Kinerjanya Menggunakan Rakitan Elektroda Membran (MEA) Pada DMFC**”. Dengan hak bebas royalti non-ekslusif 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 penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, September 2018  
Yang menyatakan,

Yuni Marcelina  
NIM. 08031381419040

*“Sebab didalam Dialah tersembunyi segala harta hikmat dan pengetahuan (kol 2 : 3)”*

*“Dan hampa itu akan terasa jika kau tak memiliki semangat, namun jiwa yang kau bangun bukan sekedar semangat tapi juga perjuangan”*

*“Orang yang kau sayangi pasti lebih mengenalmu, sama seperti orang tua yang mengenal anaknya lebih darimu. Maka restu orang tua mampu memberi jalan terbaik, karna restunya adalah restu yang Tuhan berikan.”*

*Skripsi ini kupersembahkan kepada :*

- ❖ *Kedua orang tuaku yang sangat kucintai dan selalu memberiku segalanya terutama kasih saying yang tulus.*
- ❖ *Abang dan kakakku, serta saudara-saudaraku yang selalu mendukung dan memberi banyak saran dan bantuan.*
- ❖ *Sahabat-sahabatku yang telah memberi banyak pengalaman dan kenangan untuk kuceritakan nantinya.*
- ❖ *Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas semua petunjuk, berkat, hikmat dan karuniaNya penulisan skripsi ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Penulisan skripsi ini mengambil judul ***“Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C Yang Dibuat Dengan Metode Semburan Dan Uji Kinerjanya Menggunakan Rakitan Elektroda Membran (MEA) Pada DMFC”***. Penulis menyadari tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan bapak **Dr. Nirwan Syarif, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si, Bapak Dr. Ady Mara, M.Si, dan Bapak Hermansyah, Ph. D yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku ketua jurusan Kimia dan Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku sekretaris jurusan kimia, seluruh dosen dan staff (Mbak Novi dan Kak Iin) serta Analis Kimia FMIPA UNSRI (yuk nur, yuk yanti, yuk novi dan yuk yuniar).
4. Semua kerabat yang memberi dukungan dan semangat penuh mulai dari tim gereja, tim akreditasi Asian Games 2018, dan tim .. yang selalu berargumen bahwa semuanya akan terlampaui.
5. Teman-teman Geng PUR dan DMFC Squad (Hengki, Rio, Kak Maqom, Safril, Mba Fety, Mba Reka, Marini, Retno, Bella, Meiliza, Eka, Claudia, dan Lisa. Kalian the best.
6. Sahabat-sahabat terbaik *RUMY* alias Lucia, Marini dan Riza terima kasih untuk waktu dan kegembiraan yang diberikan, untuk semua yang bisa kita lalui. Lucia Meilina yang tak pernah pantang menyerah dan punya kekuatan super terima kasih, banyak yang bisa kupetik darinya, selalu

memberikanku jalan terbaik dan selalu support kapanpun itu. Best for you Cia. Marini Tri Utami (Jojok) makasih jok selalu mengisi waktuku dengan senyuman, sabar menghadapiku, paling mengerti dan memahami selalu ambil alih disaat waktu suntukku untuk hangout bareng. I will miss you. Riza Antini selalu kuat dan ceria, walaupun kadang ku selalu menyinggung masalah kisah cintanya dia tak pernah merasa tersinggung. Orang yang sabar dan kuat yang pernah kutemui. Good for you Za.

7. Keluarga Miki 2014 (mikilta : Mipa Kimia Hebat)!! dan adik-adik kimia 2015, 2016, 2017, 2018 dst.
8. Adik sepupuku Friska Sianipar, selalu menunggu dan merindukanku untuk pergi ke medan. Terima kasih supportnya untuk mempercepat skripsi ini. Si biang kerok ku.
9. Kakak yang ribet dan rusuhku “Kak Ria Otmauli Sitompul” really lost my words what I wanna say for you. Kakak selalu ada disampingku kapanpun itu, lebih mengenalku dan selalu mendukungku good or bad things. Thankyou so much my beloved.
10. Sahabat kecilku dan seperjuanganku Catri Febriani dan Meiliani Wijaya sofiyan Yusuf, Semoga kita selalu dipertemukan dan membuat hal-hal seru walaupun tak sesering dulu. Semoga sukses selalu untuk kalian berdua, doa ku selalu mengiringi sahabatku.
11. Kamu yang ada untukku yang Tuhan berikan bagi masa depanku.
12. Semua yang telah mendukung dan mendoakanku yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga Tuhan membalas hal baik yang telah kalian berikan dengan kebaikan. Aamiin.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua orang.

Inderalaya, Juli 2017

Penulis

## SUMMARY

### CHARACTERIZATION OF ELECTRODES Pt-Co/C MADE BY SPRAYING METHODE AND ITS PERFORMANCE TEST BY MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) ON DMFC

Yuni Marcelina; supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Nirwan Syarif, M.Si

x + 64 pages, 7 tables, 15 figures, 8 attachments

#### Fabrication And Characterization of Electrodes Pt-Co/C by Using Spraying Methode and Its Application Directly DMFC

Fabrication and characterization of electrodes Pt-Co/C and its application in direct methanol fuel cell (DMFC) has been done. The electrodes are made by using a mixture of Platinum and cobalt catalyst that is distributed to gas diffusion layer (GDL) using by spraying methode. The mixed catalyst has a variation of the percentage of 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% Pt's loading against Co with loading total is  $2.5 \text{ mg/cm}^2$ . The electrodes are characterized using XRD, cyclic voltammetry (CV) and electrical conductivity. XRD analysis results showed carbon at position  $2\theta = 26,62^\circ, 41,2^\circ$ , and  $54,6^\circ$ , Peak of Platinum is at position  $2\theta = 39.8-40.2^\circ$  and peak of cobalt at position  $2\theta = 45^\circ$  and  $65$ . Voltammogram Curves resulting from Cyclic Voltammetry test (CV) indicates the presence of the reversible reaction, shown with the formation of the anodic peak (upper curve) and cathodic peak (bottom curve). This shows that there has been a redox reaction in the process of fusion between Pt and Co. The catalytic activity of the electrode data calculated from the results of CV by using the Electrochemical Surface Area (ECSA) method. The highest catalytic activity at 20% of Pt electrode  $0,461 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{g}$  and the lowest at 100% of Pt electrode  $0,073 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{g}$ . In electrical conductivity test using a digital multimeter with auto DC power supply as well as digital, obtained the highest value at 40% of Pt  $0,0057 \text{ S.cm}^{-1}$  and the lowest value at 100% of Pt  $0,0029 \text{ S.cm}^{-1}$ . The applications made on stack DMFC with 5% methanol fuel and obtained data OCV (open circuit voltage) with the value of the current and voltage when given the resistor varies. The highest value of the OCV on 60% of Pt of 8,55 mV and the lowest at 0% Pt of 4,79 mV. On gives a resistor, a straight comparison between the values obtained by administering the resistor with voltage produced. The greater the resistor given, the value of the voltage will increase.

**Keywords :** *direct methanol fuel cell, catalyst, impregnation, platinum, ruthenium*

Citations : 42 (2001-2018)

## RINGKASAN

### KARAKTERISASI ELEKTRODA Pt-Co/C YANG DIBUAT DENGAN METODE SEMBURAN DAN UJI KINERJANYA MENGGUNAKAN RAKITAN ELEKTRODA MEMBRAN (MEA) PADA DMFC

Yuni Marcelina; dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si

x + 64 halaman, 7 tabel, 15 gambar, 8 lampiran

Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C Yang Dibuat Dengan Metode Semburan Dan Uji Kinerjanya Menggunakan Rakitan Elektroda Membran (MEA) Pada DMFC

Pembuatan dan karakterisasi elektroda Pt-Co/C serta aplikasinya pada *direct methanol fuel cell* (DMFC) telah dilakukan. Elektroda dibuat dengan menggunakan campuran katalis platina dan kobalt yang didistribusikan ke *gas diffusion layer* (GDL) menggunakan metode semburan. Perpaduan katalis tersebut memiliki variasi persentase sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% Pt terhadap Co dengan loading total sebesar  $2,5 \text{ mg/cm}^2$ . Elektroda dikarakterisasi menggunakan XRD, *cyclic voltammetry* (CV) dan konduktivitas elektrik. Hasil analisa XRD menunjukkan puncak karbon pada posisi  $2\theta = 20-30^\circ$ , puncak platina terdapat pada posisi  $2\theta = 39.8-40.2^\circ$  dan  $46-47^\circ$ . Kurva voltammogram yang dihasilkan dari pengujian *Cyclic Voltammetry* (CV) menunjukkan adanya reaksi reversibel, yang ditunjukkan dengan terbentuknya kurva atas sebagai puncak anodik dan puncak bawah sebagai kurva katodik. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi redoks pada proses perpaduan antara Pt dan Co. Aktivitas katalitik dari elektroda dihitung dari data hasil CV menggunakan metode *Electrochemical Surface Area* (ECSA). Aktivitas katalitik tertinggi didapat dari elektroda 20% Pt sebesar  $0,461 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{g}$  dan yang terendah pada elektroda 100% Pt sebesar  $0,073 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{g}$ . Pada uji konduktivitas elektrik menggunakan multimeter digital dengan fungsi auto serta catu daya DC digital, didapatkan nilai tertinggi pada 40% Pt sebesar  $0,0057 \text{ S.cm}^{-1}$  dan nilai terendah pada 100% Pt sebesar  $0,0029 \text{ S.cm}^{-1}$ . Aplikasi dilakukan pada *stack* DMFC dengan bahan bakar metanol 5% dan didapatkan data OCV (*open circuit voltage*) serta nilai arus dan tegangan ketika diberikan beban bervariasi. Nilai OCV tertinggi pada 60% Pt sebesar 8,55 mV dan terendah pada 0% Pt sebesar 4,79 mV. Pada pemberian beban, didapatkan nilai perbandingan lurus antara pemberian beban dengan tegangan yang dihasilkan. Semakin besar beban yang diberikan maka nilai dari tegangan semakin meningkat.

**Kata kunci :** *direct methanol fuel cell, catalyst, Spraying, platinum, kobal*

Kepustakaan : 42 (2001-2018)

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Fuel Cell</i> .....	5
2.1.1 Prinsip Kerja <i>Fuel cell</i> .....	5
2.1.2 Prinsip dan Karakterisasi Direct Methanol <i>Fuel Cell</i> ....	6
2.2 <i>Membrane Electode Essemby</i> .....	7
2.3 Elektroda.....	8
2.4 Katalis Pt-Co/C .....	9
2.4.1 Karbon Vulcan XC-72.....	11
2.5 Metode Pembuatan elektroda dengan Spraying (Semburan) dalam Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) .....	12
2.6 Karakterisasi katalis .....	12
2.6.1 <i>X-Ray Diffarction</i> (XRD).....	12
2.6.2 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	13
2.6.3 Konduktivitas Elektrik .....	14
2.6.4 Open Circuit Voltage (OCV) .....	16

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	17
3.2 Alat dan bahan.....	17
3.3 Prosedur Kerja .....	17
3.3.1 Preparasi Elektroda dengan Lapisan Katalis Pt-Co/C Menggunakan Metode Semburan .....	17
3.3.2 Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C .....	18
3.3.2.1 Karakterisasi Elektroda <i>Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	19
3.3.2.2 Karakterisasi Elektroda Menggunakan <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	19
3.3.2.3 Pengukuran Konduktivitas Elektrik .....	23
3.3.3 Pembuatan dan Uji Kinerja <i>Membrane Electrode Assembly (MEA)</i> .....	19
3.3.4 Analisis Data .....	20
3.3.4.1 Analisis <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	20
3.3.3.2 Nilai Konduktivitas .....	21
3.3.3.3 Analisis Kinerja MEA.....	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Elektroda Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) dengan Katalis Pt-Co/C Dari Metode Semburan.....	23
4.2 Karakterisasi Elektroda.....	24
4.2.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan XRD .....	24
4.2.2 sifat elektrokimia Elektroda Pt-Co/C .....	25
4.2.3 Konduktivitas Elektrik Elektroda Pt-Co/C .....	27
4.3 Aplikasi Pada DMFC.....	29
4.3.1 Pengukuran Open Circuit Voltage (OCV).....	30
4.3.2 Pengujian Kinerja MEA pada Beban Bervariasi .....	31
4.4 Power density (Densitas Daya).....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>35</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Skema Fuel Cell .....	6
Gambar 2. Diagram skematik proses transportasi DMFC.....	7
Gambar 3. Bagan membrane elektroda MEA .....	8
Gambar 4. Pola XRD Pt/C, Pt-Co/C, dan Co/C .....	10
Gambar 5. Kurva voltammogram elektroda.....	11
Gambar 6. Contoh skema voltamogram siklik.....	14
Gambar 7. Perpindahan ion dalam suatu elektroda.....	15
Gambar 8. Skema DMFC.....	20
Gambar 9. Grafik diagram tafel .....	22
Gambar 10. Baking layer dan elektroda yang dihasilkan .....	23
Gambar 11. Pola spectrum XRD elektroda Pt/C, Pt-Co/C dan Co/C .....	24
Gambar 12. Keseluruhan nilai CV Pt-Co/C.....	26
Gambar 13. Grafik nilai konduktivitas elektroda Pt-Co/C.....	29
Gambar 14. Grafik nilai tegangan OCV elektroda.....	31
Gambar 15.Gabungan hubungan antara tegangan dan arus pada komposisi Pt:Co bervariasi .....	32
Gambar 16. Gabungan hubungan antara daya dan arus pada komposisi Pt:Co bervariasi .....	34

## **DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Perhitungan kandungan komposisi zat.....	18
Tabel 2. Perhitungan nilai ESCA katalis Pt-Co/C .....	20
Tabel 3. Data analisis konduktivitas katalis Pt-Co/C.....	21
Tabel 4. Data diagram tafel.....	23
Tabel 5. Hasil analisis ECSA pada elektroda Pt-Co/C .....	26
Tabel 6. Hasil pengukuran nilai konduktivitas elektrik elektroda Pt-Co/C .....	28
Tabel 7. Nilai OCV pada elektroda Pt-Co/C.....	30

## **DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Skema Kerja .....	42
Lampiran 2. Perhitungan loading katalis.....	43
Lampiran 3. Spectrum XRD pada elektroda Pt/C, Pt-Co/C dan Co/C .....	46
Lampiran 4. Voltammogram Elektroda Pt-Co/C .....	47
Lampiran 5. Perhitungan nilai ECSA elektroda Pt-Co/C.....	49
Lampiran 6. Perhitungan nilai konduktivitas elektroda Pt-Co/C.....	52
Lampiran 7. Hubungan antara tegangan dengan arus saat diberi beban . ....	54
Lampiran 8. Grafik keterkaitan arus dan tegangan terhadap densitas daya Pada aplikasi DMFC elektroda persentase Pt:Co bervariasi ..	56
Lampiran 9. Data diagram tafel uji kinerja MEA bervariasi .....	58
Lampiran 8. Gambar alat dan penelitian.....	59

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah negara berkembang dengan kemajuan teknologi dan peningkatan sektor industri yang terus meningkat. Seiring dengan kemajuan teknologi tersebut membuat pemasukan energi yang diperlukan juga terus meningkat. Selama ini energi yang dihasilkan hanya berasal dari sumber daya alam. Namun dengan peningkatan jumlah energi yang tinggi membuat krisis energi sumber daya alam yang semakin cepat. Sehingga diperlukan adanya suatu energi terbarukan yakni untuk membantu mengurangi penggunaan sumber daya alam yang semakin menipis. Perkembangan energi baru terbarukan (EBT) yang meliputi sumber daya alam untuk energi dan kelistrikan telah disinggung pada beberapa regulasi. Kondisi energi pada saat ini terlihat dari kebutuhan energi yang belum efisien termasuk untuk industri, rumah tangga, transport dan komersial tersebut hanya dipenuhi dengan energi fosil dengan biaya yang cukup tinggi (Nindhia, 2014). Tiga ancaman serius dari penggunaan energi fosil secara terus-menerus yakni menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru), kenaikan/ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan polusi gas rumah kaca (terutama CO<sub>2</sub>) akibat pembakaran bahan bakar fosil yaitu pemanasan global yang telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Oleh karena itu, pengembangan bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan perlu mendapatkan perhatian serius (Kholid, 2015).

Salah satu cara untuk mengatasi krisis energi diantaranya menggunakan energi alternatif. *Fuel cell* merupakan suatu teknologi konversi energi yang dikembangkan dan termasuk suatu pengolahan bahan bakar tertentu menjadi suatu energi yang gunakan untuk menggerakkan bermacam-macam peralatan (Suhada, 2001a). *Fuel cell* dapat diartikan sebagai perangkat elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia dalam bahan bakar (umumnya menggunakan hidrogen, atau bahan bakar yang kaya hidrogen) dan oksigen menjadi listrik dan panas (Rohendi *et al.*, 2013). Keunggulan utama *fuel cell* dibandingkan pembangkit

listrik konvensional adalah mempunyai efisiensi tinggi dari 40% sampai 60% (untuk kogenerasi dapat mencapai 80%), tidak menimbulkan suara bising, konstruksinya modular sehingga fleksibel dalam menyesuaikan dengan sumber bahan bakar yang ada serta mampu menanggapi dengan cepat terhadap perubahan bahan bakar atau oksigen (Hasan, 2007).

Sel bahan bakar metanol (*Direct Methanol Fuel Cell/DMFC*) adalah sel bahan bakar yang menggunakan metanol langsung sebagai bahan bakar tanpa harus terlebih dahulu mengubah bahan bakar tersebut menjadi gas hidrogen. DMFC ini terdiri dari dua elektroda yang dipisahkan oleh membran pertukaran proton dan dihubungkan melalui sirkuit eksternal yang memungkinkan konversi energi bebas dari reaksi kimia metanol dengan udara atau oksigen langsung dikonversi menjadi energi listrik. Dua elektroda yang digunakan terdiri atas anoda dimana oksidasi metanol terjadi dan reduksi oksigen terjadi di katoda. Kedua elektroda dipisahkan oleh membran yang membawa proton dari anoda ke katoda, sementara difusi senyawa lainnya diblokir. Kombinasi elektroda dan membran disebut perakitan membrane-elektroda (*Membrane electrode assembly/MEA*). MEA dibuat dengan karbon dan Pt-Co di anoda dan katoda di kedua sisi membran nafion (Sajgure *et al.*, 2016). Platina dikatakan sebagai logam paling efektif untuk digunakan sebagai elektro-katalisator dalam proses oksidasi dan reduksi pada DMFC. Platina dapat dipadukan dengan spesies logam lain, seperti Au, Co, Cu, Fe, Mo, Ni, Sn, W, Os, Rh, Pd dan Bi (Karim and Kamarudin, 2013). Untuk menghindari pembentukan karbon monoksida pada platinum, maka sering digunakan bahan hibrida platinum seperti Pt-Ru/C sebagai elektrokatalitik pada DMFC. Pt-Ru/C adalah bahan katalitik yang paling banyak digunakan karena aktivitas katalitiknya tinggi terhadap oksidasi metanol. Rutenium berfungsi memperbaiki sifat platinum dengan mencegah penarikan karbon monoksida (Basri, Kamarudin, Daud, Yaakob, & Kadhum, 2014). Pada penelitian ini digunakan Pt-Co/C sebagai elektrokatalitik pada DMFC yang diharapkan mampu meningkatkan kinerjanya pada DMFC.

Struktur elektroda pada *membrane electrode assembly* (MEA) sel bahan bakar metanol (DMFC) biasanya terdiri dari lapisan katalis dan lapisan difusi yang terbuat dari kertas karbon atau kain karbon. Pengembangan MEA

diharapkan memiliki stabilitas tinggi dan konduktivitas listrik yang baik didalam aplikasinya sebagai *fuel cell*. Untuk mencapai dua hal tersebut, maka perlu diperhatikan struktur elektroda serta antarmuka antara membran dan elektroda. Teknologi sel bahan bakar bergantung pada dua bahan utama yaitu membran dan *electro-catalyst* (Rosli *et al.*, 2014).

Mahalnya platina dan sifatnya yang mudah teracuni karbon monoksida membuat penggunaan katalis tersebut perlu dilakukan pengembangan demi meminimalisir kekurangan yang dapat ditimbulkan. Karbon monoksida yang dihasilkan dari metanol menurunkan aktivitas katalitik dari Pt serta menutupi bagian permukaan dari Pt. Hal ini dapat menurunkan sisi aktifnya sebagai katalis dalam reaksi oksidasi metanol. Keracunan CO dari katalis logam mulia pada anoda adalah penghalang utama untuk memanfaatkan bahan baku hidrokarbon (Ahn and Wang, 2011). Penggunaan paduan logam pada katalis Pt merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi kandungan Pt dan meningkatkan toleransi katalis terhadap peracunan CO. Dari beberapa paduan berbasis Pt, paduan platinum-kobalt lebih efektif karena ukurannya yang kecil, stabilitas yang sangat baik, dan aktivitas katalitik yang tinggi (Fang *et al.*, 2017). Perpaduan Pt dengan logam transisi 3d seperti kobalt (Co), besi (Fe), dn nikel (Ni) merupakan cara yang efisien untuk meningkatkan aktivitas katalitik karena pembentukan struktur elektron yang baik, jarak antar Pt yang dekat sehingga mampu meningkatkan adsorpsi molekul oksigen, komposisi dari permukaan oksida yang lebih baik, dan dapat membuat Pt memiliki ketahanan terhadap korosi dan keracunan akan CO (Vinayan *et al.*, 2012).

Metode pembuatan elektroda yang telah diketahui antara lain penyapuan, electrospraying dengan sebuah lapisan katalis ganda dan lapisan tipis, percetakan, decal, impregnasi, semburan, CCM, dan elektrodepositi. Metode semburan yaitu metode dengan menyemprotkan katalis ke *gas diffusion layer* (GDL) dengan memvariasikan kandungan katalis. Proses yang melibatkan penyemprotan ke GDL ini sangat mudah dan dapat digunakan untuk pembuatan elektroda yang memiliki kinerja tinggi dengan suatu distribusi seragam dari katalis. (Rohendi *et al.*, 2013).

## 1.2 Rumusan Masalah

Kinerja DMFC ditentukan oleh katalis yang ada pada MEA. Penggunaan katalis sangat menentukan kinerja dan harga dari DMFC secara keseluruhan. Katalis yang digunakan pada DMFC selama ini merupakan paduan katalis Pt-Ru/C. Penggunaan Ru dimaksudkan untuk mencegah atau mentoleransi kehadiran CO. Pada penelitian ini digunakan paduan katalis Pt-Co/C yang diharapkan menunjukkan kinerja yang baik dan harga yang lebih murah.

Pembuatan lapisan katalis dengan metode semburan dilakukan pada penelitian ini karena metode semburan termasuk metode yang mudah dan handal yang telah banyak diaplikasikan pada pembuatan lapisan katalis untuk PEMFC.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini :

1. Membuat elektroda Pt-Co/C yang dibuat dengan metode semburan dan mengkarakterisasi elektroda Pt-Co/C tersebut untuk mengetahui kristalinitas dengan *X-ray Diffraction* (XRD), pengukuran konduktivitas listrik dan pengukuran sifat elektrokimia elektroda dengan menggunakan metode voltametri siklik yang dibuat dengan metode semburan.
2. Membuat dan menguji kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dari elektroda Pt-Co/C pada DMFC dengan kondisi tanpa beban / *Open Circuit Voltage* (OCV) serta kondisi dengan beban.

## 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini untuk mengetahui karakterisasi dari elektroda dan kinerja yang dihasilkan dari MEA dengan katalis Pt-Co/C menggunakan metode semburan sehingga dapat memberikan kinerja yang lebih tinggi pada aplikasi dalam rangkaian DMFC. Penelitian ini juga diharapkan mendapatkan data nilai uji elektroda terbaik yang secara langsung dapat mengurangi kekurangan dari penggunaan platina yang relatif mahal dan mudah teracuni.

## DAFTAR PUSTAKA

- A'yuni, Q & Murwani, I.K. 2012. Impregnasi dan Karakterisasi Struktur Padatan  $\text{Co}_3\text{O}_4$  Pada Pendukung  $\text{CaF}_2$ . *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 : 2301-928X.
- Aguiar, H., Chiussi, S., López-Álvarez, M., González, P., & Serra, J. (2018). Structural Characterization of Bioceramics and Mineralized Tissues Based on Raman and XRD Techniques. *Ceramics International*, 44(1), 495–504.
- Ahn, H. J., & Wang, D. (2011). Synthesis and Electrochemical Properties of Porous Pt Wire Electrodes For Methanol Electro-Oxidation. *Solid State Sciences*, 13(8), 1612–1615.
- Cooper, Kevin R. 2009. In Situ Pem Fuel Cell Electrochemical Surface Area and Catalyst Utilization Measurement. *Fuel cell magazine* : 1-3
- Chang, Y.-Y., Zhao, H.-Z., Zhong, C., & Xue, A. (2014). Effects of Different Pt-M (M = Fe, Co, Ni) Alloy As Cathodic Catalyst on The Performance of Two-Chambered Microbial Fuel Cells. *Russian Journal of Electrochemistry*, 50(9), 885–890.
- Cherevko, S., Kulyk, N., & Karl, J. J. (2016). Author ' s Accepted Manuscript. *Nano Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2016.03.005>
- Dong, H., Zhao, J., Chen, J., Wu, Y., & Li, B. (2015). NU SC. *International Journal of Mineral Processing*. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2015.06.009>
- Fang, S., Zhang, Y., Zou, Y., Sang, S., & Liu, X. (2017). Structural Design and Analysis of a Passive DMFC Supplied With Concentrated Methanol Solution. *Energy*, 128, 50–61.
- Ganev, N., Jersak, J., & Kolarik, K. (2011). Application of X-Ray Diffraction and Barkhausen Noise Analysis for Stability Control During Machining. *Materials Engineering*, 18, 49–56.
- Giorgi, L., & Leccese, F. (2013). Fuel Cells : Technologies and Applications, 1–20.
- Gumfekar, Sarang P, Bharat A Bhanvase, and Shirish Sonawane. 2018. “PT US CR.” *Surfaces and Interfaces*. Elsevier B.V.
- Hacquard, A. (2005). Improving and Understanding Direct Methanol Fuel Cell (DMFC ) Performance By, (May).

- Haile, S. M. (2003). Fuel Cell Materials and Components □, 51, 5981–6000.  
<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2003.08.004>
- Hasan, A. (2007). Aplikasi Sistem Fuel Cell Sebagai Energi Ramah Lingkungan Di Sektor Transportasi Dan Pembangkit. *J. Tek. Ling.*, Vol. 8\rlap{r}(3), 277–286.
- James, H., & Gibb, H. J. (2006). Cobalt and Inorganic Cobalt Compounds. *Concise International Chemical Assessment Document*, (69), 1–93.
- Karim, N. A., & Kamarudin, S. K. (2013). An Overview On Non-Platinum Cathode Catalysts For Direct Methanol Fuel Cell. *Applied Energy*, 103, 212–220.
- Kim, C., Yang, K. S. 2003. Electrochemical properties of carbon nanofiber web as an electrode for supercapacitor prepared by electrospinning. *Applied Physics Letters*. 83 (6) : 1216-1218.
- Khatib, K. M. El, & Hameed, R. M. A. (2011). Biosensors and Bioelectronics Development of Cu<sub>2</sub>O / Carbon Vulcan XC-72 as non-enzymatic sensor for glucose determination. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(8), 3542–3548.
- Kholid, Imam. 2015. “Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi Bbm.” *Jurnal IPTEK* 19:75–91.
- Li, N., Xia, W., Xu, C., & Chen, S. (2016). Pt / C and Pd / C Catalysts Promoted By Au For Glycerol and CO Electrooxidation In Alkaline Medium. *Journal of the Energy Institute*, (July), 1–9.
- Litster, S., & Mclean, G. (2004). PEM Fuel Cell Electrodes, 130, 61–76.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.12.055>.
- Loghmani, M.H dan Shojaei A.F. 2014. Hydrogen Production Through Hydrolysis of Sodium Borohydride: Oleic Acid Stabilized Co-La-Zr-B Nanoparticle As A Novel Catalyst. *Energy*. 1-8.
- Ma, Y., Wang, H., Ji, S., Goh, J., Feng, H., & Wang, R. (2014). Electrochimica Acta Highly Active Vulcan Carbon Composite For Oxygen Reduction Reaction In Alkaline Medium. *Electrochimica Acta*, 133, 391–398.
- Mahmud, K. (2013). Fuel Cell and Renewable Hydrogen Energy to Meet Household Energy Demand 2 . Global Primary Energy Consumption, 54, 97–104.
- Mulyani, R., Buchari., Noviandri, I., Ciptati. 2012. Studi tametri Siklik Sodium

- Dedocyl Benzen Sulfonat Dalam Berbagai Elektroda Dan Elektrolit Pendukung. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah (Journal of Waste Management Technology)*, ISSN 1410-9565, 15 (1) : 51-56.
- Mohan, S., & Shrestha, S. O. B. (2009). Experimental Investigation of a Passive Direct Methanol Fuel Cell, (2), 124–128.
- Nindhia, Tjokorda Gde Tirta. 2014. “Jurnal Energi Dan Manufaktur” 7 (1):1–118.
- Ong, B. C., Kamarudin, S. K., Masdar, M. S., & Hasran, U. A. (2016). ScienceDirect Applications of Graphene Nano-Sheets as Anode Diffusion Layers in Passive Direct Methanol Fuel Cells ( DMFC ). *International Journal of Hydrogen Energy*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.094>.
- Pawlyta, M., Lukowiec, D., and Danikiewicz, A. D. D., 2012. Characterisation of Carbon Nanotubes Decorated With Platinum Nanoparticles. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 53 (2) : 67-75.
- Puranto, P. (2010). Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltametri Siklik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi TELAAH*, 28(November), 20–28.
- Riyanto. (2012). Elektrokimia dan Aplikasinya, 179.
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Daud, W. R. W., Kadhum, A. A. H., & Shyuan, L. K. (2015). ScienceDirect Effects of Temperature and Backpressure on The Performance Degradation of MEA in PEMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(34), 10960–10968.
- 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 Various Operational Conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(22), 9431–9437.
- Rosli, S. E., Mohd-norddin, M. N. A., Jaafar, J., & Sudirman, R. (2014). Jurnal Teknologi Full paper Study of the Variation of Catalyst Loading in Cathode for SPEEK / CSMM Membrane in Direct Methanol Fuel Cell ( DMFC ), 9, 57–60.
- Sajgure, M., Kachare, B., Gawhale, P., Waghmare, S., & Jagadale, G. (2016).

- Direct Methanol Fuel Cell : A Review, 6(6), 8–11.
- SAS. (2004). In *Analytical Radiometer. Conductivity-Theory and Practice* : france.
- Sivasakthi, P., & Sathaiyan, N. (2012). Cobalt Recovery from Waste Catalysts ( Petroleum Refining Industry from Gujarat ), 24–30.
- Solomon, S., Meyers, J. P., & Wood, K. L. (2012). Parametric Investigations of Direct Methanol Fuel Cell Electrodes Manufactured by Spraying, 1–5.
- Suhada, H. (2001a). Fuel Cell Sebagai Pengganti Motor Bakar Pada Kendaraan. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 85–91.
- Suhada, H. (2001b). Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 92–100.
- Syl, I. (2010). Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel. *Jurnal Pendidikan Kimia UNY*. www.kimia.uny.ac.id
- Vinayan, B. P., Jafri, R. I., Nagar, R., Rajalakshmi, N., Sethupathi, K., & Ramaprabhu, S. (2012). Catalytic activity of Platinum-Cobalt Alloy Nanoparticles Decorated Functionalized Multiwalled Carbon Nanotubes for Oxygen Reduction Reaction in PEMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(1), 412–421.
- Wang, Y., & Sauer, D. U. (2015). Optimization of DMFC Regulation Based on Spatial Modeling. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(35), 12023–12033.
- White, C. (2016). *The Story of Carbon. Educational Research*.
- Yan, J., Huang, X., Moore, H. D., Wang, C., & Hickner, M. A. (2011). Transport Properties and Fuel Cell Performance of Sulfonated Poly ( Imide ) Proton Exchange Membranes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(7), 6153.
- Yi, L., Liu, L., Liu, X., Wang, X., Yi, W., He, P., Wang, X. 2012. Carbon-supported Pt-Co nanoparticles as anode catalyst for direct borohydride-hydrogen peroxide fuel cell: Electrocatalysis and fuel cell performance. *International Journal of Hydrogen Energy* 37 : 12650-12658.
- Ye, Q., & Zhao, T. S. (2005). Abrupt Decline in the Open-Circuit Voltage of Direct Methanol Fuel Cells at Critical Oxygen Feed Rate. *Journal of The*

- Electrochemical Society*, 152(11).
- Yu, E. H., & Scott, K. (2004). Development of Direct Methanol Alkaline Fuel Cells Using Anion Exchange Membranes. *Journal of Power Sources*, 137(2), 248–256.
- Yulianda, R., Purwanto, W., dan Pranoto, B. (2013). Pembuatan direct Methanol Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Penggerak CHEM E-CAR. *FT UI*. 1-6.