

**PEMBUATAN DAN UJI KINERJA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) BERBASIS KATALIS Pd/C DAN Pt/C MENGGUNAKAN METODE CCM DENGAN PENYEMPROTAN LANGSUNG DAN MELALUI MEDIA KAPTON**

**SKRIPSI**

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



**Oleh :  
MUHAMMAD GULAM ZAKIA  
08031281621071**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PEMBUATAN DAN UJI KINERJA  
MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) BERBASIS KATALIS Pd/C  
DAN Pt/C MENGGUNAKAN METODE CCM DENGAN PENYEMPROTAN  
LANGSUNG DAN MELALUI MEDIA KAPTON**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**MUHAMMAD GULAM ZAKIA**

**080311281621071**

Indralaya, 14 Juli 2021

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Dr. Addy Rachmat, M.Si.**  
**NIP. 197409282000121001**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Pembuatan dan Uji Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) Berbasis Katalis Pd/C dan Pt/C Menggunakan Metode CCM Dengan Penyemprotan Langsung dan Melalui Media Kapton” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 2 Juli 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 14 Juli 2021

### Ketua :

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

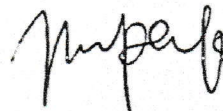
(  )

### Anggota :

2. **Dr. Addy Rachmat, M.Si.**  
NIP. 197409282000121001
3. **Dr. Ady Mara, M.Si.**  
NIP. 196404301990031003
4. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.**  
NIP. 197211092000032001
5. **Dr. Suheryanto, M.Si.**  
NIP. 196006251989031006

(  )

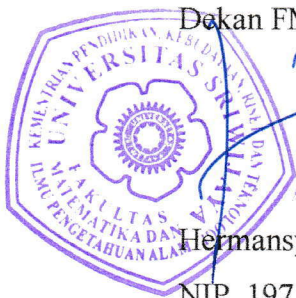
(  )

(  )

(  )

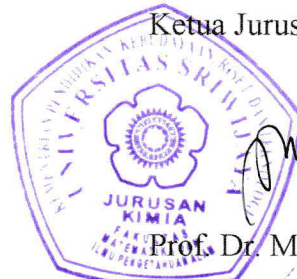
Mengetahui,

Dekan FMIPA



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

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M.Si  
NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhammad Gulam Zakia  
NIM : 08031281621071  
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, 14 Juli 2021

Penulis



Muhammad Gulam |Zakia

NIM. 08031281621071

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

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

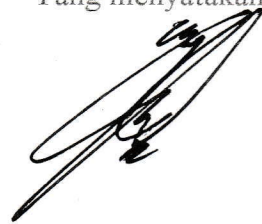
Nama Mahasiswa : Muhammad Gulam Zakia  
NIM : 08031281621071  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pembuatan dan Uji Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) Berbasis Katalis Pd/C Dan Pt/C Menggunakan Metode CCM Dengan Penyemprotan Langsung Dan Melalui Media Kapton”. 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, 14 Juli 2021

Yang menyatakan,



Muhammad Gulam Zakia

NIM. 08031281621071

## SUMMARY

### MANUFACTURING AND PERFORMANCE TEST OF MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) BASED ON Pd/C AND Pt/C CATALYSTS USING CCM METHOD BY SPRAYING DIRECTLY AND THE CAPTON MEDIA

Muhammad Gulam Zakia : Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T. and Dr.  
Addy Rachmat, M.Si.

Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Sriwijaya University xvii + 42 Pages, 4 Tables, 13 Figures, 5 Attachments

Manufacturing and performance test of the Membrane Electrode Assembly (MEA) based on Pd / C and Pt / C catalyts has been carried out. MEA was made using the Catalyst Coated Membrane (CCM) method. Catalyst coating was carried out by spraying the catalyst directly onto the membrane (MEA 1) and coating the catalyst using capton (MEA 2). MEA was characterized using the Cyclic Voltammety (CV) method to measure the value of the Electrochemical Surface Area (ECSA) and the Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) method to measure the conductivity value. The MEA performance test is carried out by measuring the OCV value, the optimum power density and the durability of the MEA for long usage. MEA 1 has ECSA values and conductivity of  $987.095 \text{ cm}^2/\text{g}$  and  $12.125 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ , while MEA 2 is  $2.437 \text{ cm}^2/\text{g}$  and  $0.2543 \text{ S/cm}$ . The performance test results show that MEA 1 has an OCV of 0.6 V and an optimum power density value of  $0.039 \text{ mW/cm}^2$ . Meanwhile, MEA 2 has an OCV of 0.508 V and a maximum power density of  $0.0197 \text{ mW/cm}^2$ . In the 6 hour test time, MEA 1 experienced a voltage drop of 0.1 V, while MEA 2 decreased by 0.025 V. Based on the performance test data, MEA 1 was better than MEA 2.

**Keywords** : Membrane Electrode Assembly, Catalyst Coating Membrane,  
Pd/C, Pt/C, Direct Methanol Fuel Cell

**Citations** : 43 (1984-2020).

## RINGKASAN

### **PEMBUATAN DAN UJI KINERJA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) BERBASIS KATALIS Pd/C DAN Pt/C MENGGUNAKAN METODE CCM DENGAN PENYEMPROTAN LANGSUNG DAN MELALUI MEDIA KAPTON**

Muhammad Gulam Zakia : Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T. dan Dr. Addy Rachmat, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya  
xvii + 42 Halaman, 4 Tabel, 13 Gambar, 5 Lampiran

Pembuatan dan uji kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) berbasis katalis Pd/C dan Pt/C telah dilakukan. MEA dibuat menggunakan metode *Catalyst Coated Membrane* (CCM). Pelapisan katalis dilakukan dengan cara penyemprotan katalis langsung ke membran (MEA 1) dan pelapisan katalis menggunakan kapton (MEA 2). MEA dikarakterisasi menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mengukur nilai *Electrochemical Surface Area* (ECSA) dan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk mengukur nilai konduktivitas. Uji kinerja MEA dilakukan dengan mengukur nilai OCV, densitas daya optimum serta daya tahan MEA terhadap lama pemakaian. MEA 1 memiliki nilai ECSA dan konduktivitas sebesar  $987,095 \text{ cm}^2/\text{g}$  dan  $12,125 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$  sedangkan MEA 2 sebesar  $2,437 \text{ cm}^2/\text{g}$  dan  $0,2543 \text{ S/cm}$ . Hasil uji kinerja menunjukkan MEA 1 memiliki OCV sebesar 0,6 V dan nilai densitas daya optimum  $0,039 \text{ mW/cm}^2$ . Sementara itu MEA 2 mempunyai OCV sebesar 0,508 V dan densitas daya maksimum  $0,0197 \text{ mW/cm}^2$ . Dalam waktu uji 6 jam, MEA 1 mengalami penurunan tegangan sebesar 0,1 V, sedangkan MEA 2 mengalami penurunan sebesar 0,025 V. Berdasarkan data uji kinerja, MEA 1 lebih baik dibandingkan MEA 2.

Kata Kunci : *Membrane Electrode Assembly, Catalyst Coated Membrane, Pd/C, Pt/C, Direct Methanol Fuel Cell.*

Sitasi : 43 (1984-2020).

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ✓ Allah SWT

Dan kupersembahkan kepada:

- ✓ Mamah, Ayah dan Tetehteteh tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan
- ✓ Forum Komunikasi Doa Bangsa (FKDB)
- ✓ Pembimbing-pembimbing
- ✓ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Alhamdulillah puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, atas izin serta kepastian Ilmu-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Pembuatan dan Uji Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) berbasis Katalis Pd/C dan Pt/C menggunakan metode CCM dengan penyemprotan langsung dan melalui media kapton”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, dan hambatan. Namun Alhamdulillah berkat banyaknya dukungan dan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T.** selaku Dosen pembimbing I dan **Dr. Addy Rachmat, M.Si.** selaku Dosen pembimbing II atas kesabaran, bimbingan dan waktu yang diluangkan selama penulis menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
2. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
4. Ibu Widia Purwaningrum, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik
5. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si., Dr. Suheryanto, M.Si., dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. selaku Dosen pembahas dan penguji sidang sarjana
6. Seluruh Dosen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
7. Mamah dan Ayah atas segala doa dan dukungan yang diberikan.
8. Teteht-teteht atas segala dukungan, doa dan kesabaran yang diberikan

9. Forum Komunikasi Doa Bangsa (FKDB) dan Yayasan Pembina Pendidikan Doa Bangsa (YPPDB) atas segala dukungan selama menjalani proses perkuliahan
10. Mbak Novi dan Kak Iin selaku staff administrasi Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
11. My Best Partner atas segala support, doa dan kesabarannya
12. Kak Dwi serta atas kesabaran, keterbukaan dan bimbingannya selama menjalani penelitian di PUR
13. Kakak-kakak dan rekan-rekan tim PUR atas motivasi dan dukungannya
14. Wisnu Mukti dan Bobby Zen atas kehadirannya dalam keadaan sulit maupun bahagia
15. Danial, Miko, Lucky dan tim The Warriors 16, kalian luarbiasa
16. Pasukan Kandang Mahasiswa 23
17. Angkatan 2016 Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
18. Jajaran BEM KM FMIPA 2019
19. Jajaran BEM KM UNSRI 2020
20. Seluruh pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.

Mudah-mudahan bantuan, dukungan dan bimbingan yang diberikan, menjadi amal jariyah di sisi Allah dan semoga mendapatkan balasan yang setimpal dari-Nya. Maaf yang sebesar-besarnya atas segala kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, semoga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Terimakasih

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Indralaya, 14 Juli 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
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> .....	4
2.1 <i>Fuel Cell</i> .....	4
2.2 <i>Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)</i> .....	5
2.3 <i>Membrane Electrode Assembly (MEA)</i> .....	6
2.4 Katalis Pd/C-Pt/C .....	7
2.5 Metode <i>Catalyst Coated Membrane (CCM)</i> .....	8
2.6 Karakterisasi .....	9
2.6.1 <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	9
2.6.2 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i> .....	10

2.7 <i>Stack</i> DMFC .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	12
3.1 Waktu dan Tempat .....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Prosedur Kerja .....	12
3.3.1 Pembuatan <i>Gas Diffusion Layer</i> (GDL) .....	12
3.3.2 Preparasi Katalis Pd/C .....	13
3.3.3 Preparasi Katalis Pt/C .....	13
3.3.4 Pembuatan <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA) .....	13
3.3.4.1 Pembuatan MEA Dengan Metode Penyemprotan Katalis ke Membran .....	13
3.3.4.2 Pembuatan MEA Menggunakan Metode Pelapisan Katalis pada Kapton .....	13
3.3.5 Karakterisasi MEA .....	14
3.3.5.1 Pengukuran Nilai ECSA MEA Menggunakan metode <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	14
3.3.5.2 Pengukuran Nilai Konduktivitas MEA Menggunakan Metode <i>Electro-Chemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) .....	15
3.3.6 Pengujian Kinerja MEA .....	15
3.3.7 Analisis Data .....	15
3.3.7.1 Analisis Karakterisasi Elektroda DMFC .....	15
3.3.7.1.1 Analisis <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	15
3.3.7.1.2 Analisis <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) .....	16
3.3.7.2 Analisis Kinerja MEA .....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	17
4.1 Pembuatan <i>Gas Diffusion Layer</i> (GDL) .....	17
4.2 Pembuatan MEA Menggunakan Metode CCM dengan Penyemprotan Katalis ke Membran.....	17
4.3 Pembuatan MEA dengan Metode CCM dengan Menggunakan Kapton .....	19

4.4 Karakterisasi MEA Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	19
4.5 Karakterisasi MEA Menggunakan <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> .....	20
4.6 Uji Kinerja MEA.....	21
4.6.1 Pengukuran Nilai OCV .....	21
4.6.2 Pengukuran Kinerja MEA Berdasarkan I-V dan I-P <i>Performance</i> .....	22
4.6.3 Uji Daya Tahan MEA Dengan Waktu Bervariasi .....	24
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	25
5.1 Kesimpulan .....	25
5.2 Saran .....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	26
<b>LAMPIRAN</b> .....	30

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Skema kerja <i>fuel cell</i> .....	4
Gambar 2. Skema dan prinsip kerja DMFC .....	6
Gambar 3. Struktur dari MEA .....	7
Gambar 4. Kurva CV kurva CV MEA yang dibuat menggunakan metode CCM & <i>hotpress</i> .....	8
Gambar 5. Kurva gelombang potensial pada <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	10
Gambar 6. <i>Stack</i> DMFC 50 W .....	11
Gambar 7. (a) <i>Gas Difussion Layer</i> (GDL) dan (b) <i>Backing Layer</i> (Kertas Karbon).....	17
Gambar 8. (a) MEA 1 dan (b) Komponen MEA .....	18
Gambar 9. Kurva voltammogram MEA (a) MEA 1 dan (b) MEA 2 .....	19
Gambar 10. Kurva Nyquist MEA (a) MEA 1 dan (b) MEA 2 .....	21
Gambar 11. Kurva I-V MEA (a) MEA 1 dan (b) MEA 2.....	22
Gambar 12. Kurva I-P MEA (a) MEA 1 dan (b) MEA 2 .....	23
Gambar 13. Kurva pengaruh waktu terhadap kinerja MEA (a) MEA 1 dan (b) MEA 2 .....	24

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perhitungan nilai ECSA MEA 1 .....	14
Tabel 2. Perhitungan nilai ECSA MEA 2 .....	14
Tabel 3. Nilai ECSA MEA.....	20
Tabel 4. Nilai OCV MEA .....	21

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan Prosedur Penelitian .....	31
Lampiran 2. Persentase Transfer Katalis MEA 2.....	34
Lampiran 3. Penghitungan Nilai ECSA Karakterisasi <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	35
Lampiran 4. Penghitungan Nilai Konduktivitas Pada Karakterisasi <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i> .....	38
Lampiran 5. Alat dan Bahan Penelitian .....	41



## DAFTAR SINGKATAN

AFC	= <i>Alkaline Fuel Cell</i>
BL	= <i>Backing Layer</i>
CCM	= <i>Catalyst Coated Membrane</i>
CV	= <i>Cyclic Voltammetry</i>
DMFC	= <i>Direct Methanol Fuel Cell</i>
ECSA	= <i>Electrochemical Surface Area</i>
EIS	= <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>
FC	= <i>Fuel Cell</i>
GDL	= <i>Gas Diffusion Layer</i>
GDM	= <i>Gas Diffusion Media</i>
MCFC	= <i>Molten Carbonat Fuel Cell</i>
MEA	= <i>Membrane Electrode Assembly</i>
MOR	= <i>Methanol Oxidation Reaction</i>
MPL	= <i>Micro Porous Layer</i>
OCV	= <i>Open Circuit Voltage</i>
ORR	= <i>Oxygen Reduction Reaction</i>
PAFC	= <i>Phosphoric Acid Fuel Cell</i>
PEFC	= <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i>
PEMFC	= <i>Polymer Electrolyte Fuel Cell</i>
SOFC	= <i>Solid Oxide Fuel Cell</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Sistem pembangkit listrik *Fuel Cell* (FC) adalah salah satu bentuk sistem energi terbarukan yang minim zat polutan (ramah lingkungan). Prinsip kerja *fuel cell* berbasis reaksi elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik (Jannah *et al.*, 2017). Beberapa jenis *fuel cell* yang dikenal dan dikembangkan saat ini, diantaranya *alkaline fuel cell* (AFC), *phosphoric acid fuel cell* (PAFC), *molten carbonat fuel cell* (MCFC), *solid oxide fuel cell* (SOFC), *polymer electrolyte fuel cell* (PEFC), *proton exchange membrane fuel cell* (PEMFC) dan *direct methanol fuel cell* (DMFC) (Styana dan Uyasroh., 2019). DMFC memiliki efisiensi yang tinggi, dan relatif dapat beroperasi pada suhu rendah antara 40-120°C (Ayyubi dan Admaja., 2020).

Pada DMFC terdapat komponen utama yang terdiri atas dua elektroda (katoda dan anoda) yang menjepit sebuah elektrolit (membran nafion), komponen tersebut ialah *Membrane Electrode Assembly* (MEA) yang merupakan pusat reaksi elektrokimia untuk mengkonversi metanol dan oksigen menjadi listrik dan air sehingga perlu mendapatkan perhatian khusus agar tercapai kepadatan dan daya tahan arus tinggi. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan agar MEA dapat bekerja secara optimal, diantaranya metode pembuatan dan jenis katalis yang digunakan dalam elektroda (Rohendi *et al.*, 2019) .

Pada *Catalyst Coated Membrane* (CCM) katalis dilapisi langsung ke kedua sisi membran elektrolit (nafion). Metode CCM dapat menghasilkan kinerja MEA lebih baik dibandingkan metode pelapisan katalis pada GDL yang disebabkan oleh aktivitas katalitik permukaan antara membran elektrolit dan lapisan katalis sangat tinggi. Proses pelapisan katalis pada membran dapat dilakukan dengan penyemprotan langsung katalis ke membran dan transfer stiker atau dikenal sebagai metode CCM tidak langsung (Kim *et al.*, 2010). Metode CCM sendiri memiliki keunggulan yakni kontak antar muka yang baik antara lapisan katalis dan membran elektrolit, dan secara efektif mengurangi penggunaan katalis tanpa mengurangi

kinerja elektroda maupun MEA. Pada metode CCM, metode penyemprotan langsung katalis ke membran nafion adalah metode termudah dengan kinerja yang bagus (Sun *et al.*, 2010).

Pada pelapisan katalis dengan cara transfer stiker, tinta katalis akan dilapisi pada permukaan substrat film dengan penyemprotan atau pengecoran, yang kemudian akan dipersiapkan menjadi katoda dan anoda. Kedua elektroda itu dikeringkan dan direkatkan pada kedua sisi membran elektrolit (nafion) dan ditekan panas pada suhu dan tekanan tinggi, sehingga katalis akan pindah ke membran dan substrat film akan dipisahkan untuk membentuk MEA dengan metode CCM. Substrat yang digunakan pada metode transfer stiker dapat berupa teflon film atau kapton film (Mehmood dan Ha., 2012). Kapton merupakan material fleksibel yang dapat bekerja pada temperatur tinggi serta memiliki sifat mekanik, tahan panas dan konduktivitas listrik yang baik (Dahalan *et al.*, 2020).

Katalis Pt/C merupakan katalis yang sering digunakan dalam pembuatan MEA pada *fuel cell* karena dikenal dapat menghasilkan performa *Oxygen Reduction Reaction* (ORR) yang tinggi. Namun katalis ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya cadangan terbatas, mahal, mudah teracun oleh karbon monoksida dan ketidakstabilan tingkat ORR (Vietanti., 2020). Sehingga diperlukan alternatif katalis pendamping dalam pembuatan MEA. Katalis berbasis Pd menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan untuk dijadikan sebagai bahan elektrokatalitik dengan harga yang lebih murah dibandingkan dengan katalis Pt/C dan jumlahnya yang cukup berlimpah (Shim *et al.*, 2012). Pada sintesis MEA menggunakan Katalis Pd/C yang dilapiskan pada katoda serta uji kinerja dan performa DMFC, dihasilkan aktivitas ORR yang tinggi dan katalis Pt/C sangat mengkatalisasi reaksi oksidasi metanol (MOR) (Li *et al.*, 2014).

Pembuatan MEA pada penelitian ini menggunakan katalis berbasis Palladium (Pd/C) pada katoda dan Platina (Pt/C) pada anoda dengan metode CCM. Pelapisan katalis menggunakan cara penyemprotan ke membran dan pelapisan menggunakan kapton. MEA dikarakterisasi menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mengetahui aktivitas katalitik pada permukaan MEA dan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk mengetahui nilai konduktivitas elektrik MEA. Kinerja dan daya tahan MEA diuji menggunakan *stack*

DMFC, sehingga akan diketahui perbandingan nilai *Open Circuit Voltage* (OCV), arus optimum dan waktu optimum antara MEA berbasis katalis Pd/C dan Pt/C yang dibuat dengan pelapisan katalis menggunakan metode penyemprotan ke membrane dan pelapisan katalis menggunakan kapton.

## 1.2 Rumusan Masalah

MEA merupakan komponen penting pada sistem fuel cell. Katalis yang digunakan adalah Pd/C dan Pt/C serta metode pembuatan MEA yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah *Catalyst Coated Membrane* (CCM) menggunakan metode pelapisan katalis dengan kapton dan penyemprotan ke membran. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik dan perbandingan kinerja MEA antara metode pelapisan katalis menggunakan kapton dan penyemprotan ke membran.

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Pembuatan MEA berbasis katalis Pd/C dan Pt/C menggunakan metode pelapisan katalis kapton dan penyemprotan ke membran.
2. Karakterisasi MEA melalui pengukuran aktivitas katalitik menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan pengukuran konduktivitas menggunakan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
3. Membandingkan kinerja MEA antara metode pelapisan katalis menggunakan kapton dan penyemprotan ke membran.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Mendapatkan informasi mengenai potensi metode CCM menggunakan pelapisan katalis kapton dan penyemprotan ke membran guna diaplikasikan pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC).

## DAFTAR PUSTAKA

- Álvarez, G. F., Mamlouk, M., & Scott, K. 2011. An Investigation of Palladium Oxygen Reduction Catalysts for the Direct Methanol Fuel Cell. *International J. Electrochemistry*. 1–12.
- April, D. 2014. *Analisis Produksi Minyak Mentah Pendekatan Error Correction Model*. Handar Aula Saputro. 3(1). 36–47.
- Aristov, N., & Habekost, A. 2015. Cyclic Voltammetry - A Versatile Electrochemical Method Investigating Electron Transfer Processes. *W. J. of Chemical Education*. 3(5). 115–119.
- Ayyubi, S. N., & Admaja, L. 2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi Montmorillonit Terhadap Sifat dan Kinerja Membran Kitosan/PVA/MMT Untuk Aplikasi DMFC. *Walisongo Journal of Chemistry*. 3(1). 1.
- Bonora, P. L., Deflorian, F., & Fedrizzi, L. 1996. Electrochemical impedance spectroscopy as a tool for investigating underpaint corrosion. *Electrochimica Acta*. 41(7–8). 1073–1082.
- Bott, A. 1997. A Comparison of Cyclic Voltammetry and Cyclic Staircase Voltammetry. *Current Separations*. 1. 23–26.
- Chandrasa, G. T. 2009. Penelitian Pengaruh Pengontrol Panas Terhadap Daya Keluaran Stack Fuel Cell Pem Dengan Beban Dinamis. *J.Ilm.Tek.Energi Agustus*. 1(9). 22–39.
- Dahalan, A. H. Bin, Mohd Zoinol, M. Z. A., & Othman, M. A. 2020. Experimental analysis on double layer kapton material using peltier thermoelectric device. *Indones. J. Elec. Eng. Inform*. 8(2). 393–399.
- Dewi, E. L., Ismujanto, T., & Chandrasa, G. T. 2008. Pengembangan dan aplikasi fuel cell. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008*. 3169887(021). 51–54.
- Dewi, E. L., Rochmandi. 2007. Modifikasi Nafion Dan Pengaruhnya Terhadap Difusi Ch 3 Oh Sebagai Elektrolit Padat Direct Methanol Fuel Cell. *Ind. J. of Material Science*. 8(3). 198–204.
- Dohle, H., Schmitz, H., Bewer, T., Mergel, J., & Stolten, D. 2002. Development of a compact 500 W class direct methanol fuel cell stack. *J. Power Sources*. 106(1–2). 313–322.
- Heinze, J. 1984. Cyclic Voltammetry “Electrochemical Spectroscopy”. New Analytical Methods (25). *Angew. Chem. Int. Ed. Eng*. 23(11). 831–847.

- Herlina, H., Zulfikar, M. A., & Buchari, B. 2018. Cyclic Voltammetry Study of Mediated Electrochemical Oxidation Using Platinum Wire, Pt/Co(OH)<sub>2</sub> and Pt/Co Electrodes In Various Supporting Electrolytes. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*. 3(2). 82.
- Hijazi, A., Arifin, Z., & Pratapa, S. 2012. Pengaruh Konsentrasi Caco<sub>3</sub> Terhadap Sifat Korosi Baja St.37 Dengan Coating Pani(Hcl)/Caco<sub>3</sub>. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. 1(1). 1–6.
- Indayaningsih, N., Zulfia, A., Priadi, D., & Kartini, E. 2012. *Synthesis of Empty Fruit Bunches Carbon Polymer Composites As Gas Diffusion Layer for Electrode Materials*.
- Jannah, Roudlotul., Murtono, Ari., Siswoko. 2017. Desain dan Analisis Ripple Tegangan dan Arus Luaran Peralatan Baterai Lead Acid. *Jurnal Elkolind*. 4(3). 2.
- Karimi, M. B., Mohammadi, F., & Hooshyari, K. 2019. Recent approaches to improve Nafion performance for fuel cell applications: A review. *Int. J. Hydrogen Energy*. 44(54). 28919–28938.
- Kim, D., Lee, J., Lim, T. H., Oh, I. H., & Ha, H. Y. 2006. Operational characteristics of a 50 W DMFC stack. *Int. j. Power Sources*. 155(2). 203–212.
- Kim, K. H., Lee, K. Y., Kim, H. J., Cho, E. A., Lee, S. Y., Lim, T. H., Jang, J. H. 2010. The effects of Nafion ionomer content in PEMFC MEAs prepared by a catalyst-coated membrane (CCM) spraying method. *Int. J. Hydrogen Energy*. 35(5). 2119–2126.
- Kim, K. H., Lee, K. Y., Kim, H. J., Cho, E. A., Lee, S. Y., Lim, T. H., Jang, J. H. 2010. The effects of Nafion ionomer content in PEMFC MEAs prepared by a catalyst-coated membrane (CCM) spraying method. *Int. J. of Hydrogen Energy*. 35(5). 2119–2126.
- Li, W., Zhao, X., & Manthiram, A. 2014. Room-temperature synthesis of Pd/C cathode catalysts with superior performance for direct methanol fuel cells. *J. Materials Chemistry A*. 2(10). 3468–3476.
- Liu, Z., Zhang, X., & Hong, L. 2009. Physical and electrochemical characterizations of nanostructured Pd/C and PdNi/C catalysts for methanol oxidation. *Electrochemistry Communications*. 11(4). 925–928.
- Mehmood, A., & Ha, H. Y. 2012. An efficient decal transfer method using a roll-press to fabricate membrane electrode assemblies for direct methanol fuel cells. *Int. J. Hydrogen Energy*. 37(23). 18463–18470.
- Park, J. Y., Seo, Y., Kang, S., You, D., Cho, H., & Na, Y. 2012. Operational characteristics of the direct methanol fuel cell stack on fuel and energy

- efficiency with performance and stability. *Int. J. Hydrogen Energy*. 37(7). 5946–5957.
- Patah, A., Rachmawati, Y., Utari, R., & Rochliadi, A. 2020. Penentuan Resistivitas Tak-Terkompensasi Cairan Ion Berbasis Imidazol dengan Metode EIS: Pengaruh Panjang Alkil dan Perbedaan Anion. *Jurnal Riset Kimia*. 11(2). 106–112.
- Patil, M., Bhagat, S., Sapkal, R., & Sapkal, V. 2011. Review on the Fuel Cells Development. *Scientific Reviews & Chemical Communications*. 1(1). 25–41.
- Purnami, P., Wardana, I., & K, V. 2015. Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju Dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 6(1). 51–59.
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Shyuan, L. K., Raharjo, J. 2016. Comparison of The Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Electrodes with Different Carbon Powder Content and Methods of Manufacture. *Indones. J. Fundam. App. Chem*. 1(3). 61–66.
- Rohendi, D., Syarif, N., Said, M., Utami, M. T., Marcelina, Y. 2019. Utilization of catalyst-coated membrane (CCM) and spraying methods in fabrication membrane electrode assembly (MEA) for direct methanol fuel Cell (DMFC) using Pt-Co / C catalyst. *Journal of Physics: Conference Series*. 1282(1).
- Ruiz-Camacho, B., Baltazar Vera, J. C., Medina-Ramírez, A., Fuentes-Ramírez, R., & Carreño-Aguilera, G. 2017. EIS analysis of oxygen reduction reaction of Pt supported on different substrates. *Int. J. Hydrogen Energy*. 42(51). 30364–30373.
- Safitri, I. A., Rudiyanto, B., Nursalim, A., Hariono, B. 2016. Uji Kinerja Smart Gried Fuel Cell Tipe Proton Exchange Membran (PEM) Dengan Penmbahan Hidrogen. *Jurnal Ilmiah Inovasi*. 16(1).
- Shim, J. H., Kim, Y. S., Kang, M., Lee, C., Lee, Y. 2012. Electrocatalytic activity of nanoporous Pd and Pt: Effect of structural features. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 14 (11). 3974–3979.
- Styana, U. I. F., Uyasaroh N. 2019. Pengaruh Laju Alir Dan Tekanan Hidrogen Terhadap Arus Dan Tegangan Yang Dihasilkan Oleh Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Seminar Nasional*. 382–388.
- Suhada, H. 2001. Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*. 3 (2). 92–100.
- Sun, L., Ran, R., & Shao, Z. 2010. Fabrication and evolution of catalyst-coated membranes by direct spray deposition of catalyst ink onto Nafion membrane at high temperature. *Int. J. Hydrogen Energy*. 35(7). 2921–2925.

- Sundmacher, K., Schultz, T., Zhou, S., Scott, K., Ginkel, M., & Gilles, E. D. 2001. Dynamics of the direct methanol fuel cell (DMFC): Experiments and model-based analysis. *Chemical Engineering Science*. 56(2). 333–341.
- Tang, H., Wang, S., Pan, M., Jiang, S. P., & Ruan, Y. 2007. Performance of direct methanol fuel cells prepared by hot-pressed MEA and catalyst-coated membrane (CCM). *Electrochimica Acta*. 52(11). 3714–3718.
- Vietanti, F. 2020. Ternari Berbasis Palladium pada Matriks N-rGO sebagai Peningkatan Aktivitas ORR dalam Media Alkalin. *J. Proteksion*. 4(2). 1–5.
- W. Purwanto, W., S.T.H, H., Slamet, S., Robbi F., M., & J.W.D, V. 2007. Pembuatan Dan Uji Aktivitas Elektrokatalis Katoda PtCr/C Direct Methanol Fuel Cell (DMFC). *Reaktor*. 11(2). 53-56.
- Wisojodharmo, Lies, A., Dewi, Esiya, Listiani. 2008. Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA) Dengan Katalis Platina Karbon Pada PEMFC. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*. 15-7.
- Youvial, D. A. N., & Hidrogen, U. 2003. Polymer Electrolyte Membrane. *Membrane Technology*. 2003(3). 11.
- Zhang, J., Yin, G. P., Lai, Q. Z., Wang, Z. B., Cai, K. Di, & Liu, P. 2007. The influence of anode gas diffusion layer on the performance of low-temperature DMFC. *J. Power Sources*. 168(2). 453–458.
- Zhang, L., Tang, Y., Bao, J., Lu, T., & Li, C. 2006. A carbon-supported Pd-P catalyst as the anodic catalyst in a direct formic acid fuel cell. *J. Power Sources*. 162(1). 177–179.