

PREPARASI DAN UJI KETAHANAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) DENGAN KATALIS Pt-Ru/C PADA *DIRECT METHANOL FUEL CELL* (DMFC) MULTI-STEK

SKRIPSI

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



Oleh :

DEVIE MAUDY SAFITRI

08031181520023

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

PREPARASI DAN UJI KETAHANAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) DENGAN KATALIS Pt-Ru/C PADA *DIRECT METHANOL FUEL CELL* (DMFC) MULTI-STEK

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

DEVIE MAUDY SAFITRI
08031181520023

Indralaya, 28 Juli 2022

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



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul dengan judul “Preparasi dan Uji Ketahanan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan Katalis Pt-Ru/C pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) Multi-stek” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Juli 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Inderalaya, 28 Juli 2022

Ketua:

1. Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

()

Anggota:

2. Dr. Addy Rachmat, M.Si

NIP. 197409282000121001

()


1. Dr. Nirwan Syarif, M.Si

NIP. 197010011999031003

()

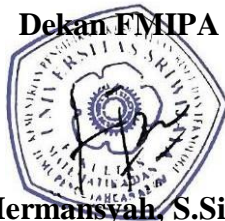
2. Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si

NIP. 196704191993031001

()

Mengetahui,

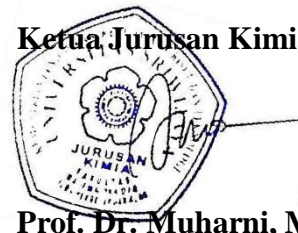
Dekan FMIPA



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

NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M.Si.

NIP. 196903041994122001

PERSYARATAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Devie Maudy Safitri

NIM : 08031181520023

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar keserjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasi atau tidak telah diberikan penghargaan dengan cara 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, 28 Juli 2022

Penulis,



Devie Maudy Safitri

08031181520023

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

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

Nama Mahasiswa : Devie Maudy Safitri
NIM : 08031181520023
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas loyalti non-eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul “Preparasi dan Uji Ketahanan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan Katalis Pt-Ru/C pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) Multi-stek”. Dengan hak bebas loyalti non-eksklusif 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.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 28 Juli 2022

Penulis,



Devie Maudy Safitri
08031181520023

HALAMAN PERSEMBAHAN

- “Jangan engkau bersedih, sesungguhnya Allah SWT. bersama kita” (QS. At-Taubah:40).
- “Jadikanlah setiap kritik bahkan penghinaan yang kita terima sebagai jalan untuk memperbaiki diri” (Abdullah Gymnastiar).
- “Tetaplah rendah hati seberapa tinggi pun kedudukan kita, tetaplah percaya diri seberapa pun kekurangan kita, tetaplah bersyukur apapun keadaan kita.”
- “Allah tidak menciptakan sedih tanpa menciptakan bahagia setelahnya”

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Saya sendiri dan kedua orang tua saya serta kakak-kakak saya yang telah memberikan dukungan dan do'a restu kepada saya yang telah berjuang sejauh ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness.) dan Fraksi-fraksinya Terhadap Bakteri Penyebab Pneumonia”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari studi literatur, urusan perizinan, pencarian sampel, pengumpulan data, pengolahan data hingga proses penulisan. Namun, dengan izin sang Rabb melalui kekuatan yang diberikan-Nya dalam bentuk kesabaran, ketekunan, dan rasa kuat dalam menjalani setiap tapak jejak di dunia kampus. Alhamdulillah akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dalam membimbing, memotivasi, menasehati serta memberikan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, sang Rabb yang selalu memberi limpah nikmat-Nya dalam setiap detik yang dilalui oleh penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan masa kampus hingga mendapatkan gelar kesarjanaan Strata (S1).
2. Mamaku tersayang dan Bapak, yang telah sabar dan begitu kuat dalam mendidik dan mengurus penulis hingga detik ini sampai cita-cita sang anak dapat terwujud. Terimakasih kepada Mamak yang tiada henti memberikan support dan kasih sayangnya kepada anak bungsu mu ini. Sehat selalu emakk.
3. Kakak-kakakku tersayang (Mas Galih, Mbak Dindin dan Boak Loleng) yang telah berjuang mati-mati agar adiknya dapat kuliah. Uang, waktu dan hal lainnya telah di korbakan. Maafkan adikmu ini terlalu lama wisudanya. Terima kasih atas pengorbanan sejauh ini. *Love you bro and sist.*
4. Terima kasih kepada keluarga besar (Mbak Dian, Bang Tono, Mbak Tiwik, Umi Hassya, keponakanku Zavian, Hassya, Ara dan Clarissa serta adik sepupu

saya midun dan keluarga yang di Bengkulu, Jambi, Palembang dan Jawa yang tidak bisa disebutkan satu persatu) yang telah memberikan semangat dan dorongan untuk kuliah. Semoga untuk kita semua selalu dilindungi Allah.

5. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya terima kasih atas semua masukan, bimbingan dan segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.
6. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya.
7. Alm. Pak Drs. Almunady T. Panagan, M.Si dan Ibu Widia Purwaningrum, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan dan saran terkait perkuliahan dari awal hingga akhir masa studi penulis.
8. Bapak Dr. Dedi Rohendi selaku dosen pembimbing skripsi, penulis ingin meminta maaf yang sebesar-besarnya karena penulis membuat bapak cemas dan kewalahan, terimakasih atas kesabarannya, masukan, bimbingan, kebaikan dan motivasi yang telah bapak berikan kepada penulis, semoga bapak sehat selalu dan sukses. Aamin..
9. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi kedua dan Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya. Terimakasih atas bimbingan, masukan, dan kesabaran yang telah diberikan kepada penulis.
10. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si dan Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si. selaku dosen pembahas seminar hasil hingga sidang sarajana, terima kasih atas masukan dan saran terkait penelitian dan kepenulisan.
11. Dosen-dosen Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya yang telah membimbing penulis dan mengarungi kehidupan kampus, terima kasih atas setiap pelajaran kehidupan yang diberikan.
12. Kak Iin dan Mbak Novi, selaku staff administrasi Jurusan Kimia, yang telah membantu penulis dari awal hingga akhir masa studi penulis. Semangat terus Kak Iin dan Mbak Novi, terima kasih atas kebaikan selama ini kepada Devie yang akan selalu Devie kenang.
13. Kak Dwi, Kak Reka dan Icha Amelia yang telah membantu penulis dari praktikum, koordinatoor asisten hingga masa penelitian tugas akhir. Terimakasih banyak atas kebaikan dan kesabaran yang telah diberikan kepada

penulis.

14. Adik-adik dan teman-teman PUR yang telah membantu penulis.
15. Teman-teman Kimia Angkatan 2015.
16. Teman-teman seperjuangan kuliah rebutan bikun Nurul, Fitri, Puspa, dan Sarah.
17. Teman-teman KKN88 (kak Ell, kak Addy Boy, Riyan dan Dessy) yang selalu mensupport penulis.
18. Teruntuk Sahabatku THE JAIL'S (Regita Syafira, Liza Putri Andriani dan Nila Corneliana) akhirnya penantian yang ditunggu-tunggu datang juga. Terimakasih telah menemani penulis dari SMA sampai saat ini susah senang yang sudah kita lalui selama ini, semoga kita akan terus bersama sampai tua. Terimakasih sudah memberikan semangat kepada penulis apapun yang terjadi.
19. Orang yang selalu ada buat saya dalam keadaan apapun.
20. Terimakasih kepada diri sendiri telah mampu berjuang sekuat ini yang telah mampu menjalani gejolak dinamika hingga selesai selama kehidupan kampus, dan mampu bertahan dengan apa yang terjadi pada lingkungan serta keadaan. Kuat dan tegar hingga mampu berjuang sampai sekarang. Terima kasih kepada setiap orang-orang baik yang mungkin tidak disebut sebelumnya. Semoga kebaikan kalian dibalas menjadi Amal Jariyah. Aammin allahuma Aamiin.

Indralaya, 28 Juli 2022

Penulis,



Devie Maudy Safitri
08031181520023

SUMMARY

PREPARATION AND DURABILITY TEST OF MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) WITH Pt-Ru/C CATALYSTS ON DIRECT METHANOL FUEL CELL (DMFC) MULTI-STACK

Devie Maudy Safitri: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Addy Rachmat, M.Si
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xvi + 42 Pages, 8 Pictures, 4 Appendices

Membrane Electrode Assembly (MEA) resistance test with Pt-Ru/C catalysts on multi stack Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) have been carried out. Manufacture of electrodes with Pt-Ru/C catalysts with the method of Spraying. The electrode are made and chactarized using Cyclic Voltametry (CV) to determine the catalytic activity of the electrode based on the value Electrochemical Surface Area (ECSA) and the method Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) to determine the value of their electrical conductivity. The Membrane Electrode Assembly (MEA) is made of two electrodes with an electrolyte membrane. MEA was tested for its performance, resistance with load variations in Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) using methanol as fuel. Based on the result of the characterization of the catalytic activity measurement, the ECSA value of the Pt-Ru/C electrode was 194,935 (cm²/gram). While testing with the EIS method, the value of the Pt/C electrode conductivity was 1.301×10^{-3} S/cm and Pt-Ru/C was 6.042×10^{-3} S/cm. The MEA resistance test at varying loads for 3 hours showed that at a load of 10 mA the voltage was decreasing from 2.59 V to 2.24 V after an additional load of 20 mA. Testing for 14 hours the load voltage becomes 0.002 V.

Keywords: Direct Methanol Fuel Cell, Pt-Ru/C, Spraying, Membrane Electrode Assembly, Durability.

Citation : 43 (2001-2021)

RINGKASAN

PREPARASI DAN UJI KETAHANAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) DENGAN KATALIS Pt-Ru/C PADA *DIRECT METHANOL FUEL CELL* (DMFC) MULTI STEK

Devie Maudy Safitri: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Addy Rachmat, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
vi + 42 Halaman, 8 Gambar, 4 Lampiran

Preparasi dan uji ketahanan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan katalis Pt-Ru/C pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) Multi Stek telah dilakukan. Pembuatan elektroda dengan katalis Pt-Ru/C dengan metode *Spraying*. Elektroda dikarakterisasi menggunakan *Cyclic Voltametry* (CV) untuk mengetahui aktivitas katalitik elektroda berdasarkan nilai *Electrochemical Surface Area* (ECSA) dan berdasarkan metode *Electrochemical Surface Area* (ECSA) untuk mengetahui nilai konduktivitas listriknya. *Membrane Electrode Assembly* (MEA) yang dibuat terdiri dari dua buah elektroda dengan membrane elektrolit. MEA yang di uji ketahanan dengan variasi beban dalam *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) dengan menggunakan bahan bakar metanol. Berdasarkan hasil karakterisasi pengukuran aktivitas katalitik didapatkan nilai ECSA elektroda Pt-Ru/C sebesar 194,935 (cm²/gram). Sementara pada pengujian dengan metode EIS didapatkan nilai konduktivitas Pt/C sebesar 1.301 x 10⁻³ S/cm dan Pt-Ru/C sebesar 6.042 x 10⁻³ S/cm. Pengujian ketahanan MEA pada beban yang bervariasi selama 3 jam menunjukkan bahwa pada beban 10 mA didapatkan tegangan sebesar 2.59 V menjadi 2.24 V setelah penambahan beban sebesar 20 mA. Pengujian selama 14 jam tegangan turun menjadi 0.002 V.

Kata Kunci : *Direct Methanol Fuel Cell*, Pt-Ru/C, *Spraying*, *Membrane Electrode Assembly*, Daya Tahan

Sitasi : 43 (2001-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Fuel Cell</i> dan Prinsip Kerja	6
2.2 <i>Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)</i>	7
2.3 <i>Gas Diffusion Layer (GDL)</i>	9
2.4 Elektroda DMFC	9
2.5 Katalis	10
2.5.1 Logam Platina.....	10
2.5.2 Logam Ruthenium	10
2.6 Metode Pembuatan Elektroda menggunakan <i>Spraying</i>	11
2.7 <i>Membrane Electrode Assembly (MEA)</i>	11
2.8 Karakterisasi Katalis.....	11
2.8.1 <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	12

2.8.2 Konduktivitas Elektrik dengan Metode <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS)	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Pembuatan Elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C dengan menggunakan Metode <i>Spraying</i>	13
3.4 Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C	14
3.4.1 Pengukuran Nilai ECSA menggunakan Metode <i>Cyclic Voltametry</i> (CV)	14
3.4.2 Pengukuran Konduktivitas Elektrik	14
3.5 Pembuatan dan Pengujian Prestasi MEA pada DMFC	15
3.5.1 Pembuatan MEA (<i>Membran Electroda Assembly</i>)	15
3.5.2 Pengujian Kinerja dan Daya Tahan MEA pada DMFC	15
3.6 Analisis Data	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Pembuatan Elektroda DMFC dengan Katalis Pt/C dan Pt-Ru/C Menggunakan Metode <i>Spraying</i>	16
4.2 Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C	17
4.2.1 Karakterisasi Elektroda menggunakan Metode <i>Cyclic Voltametry</i>	17
4.2.2 Konduktivitas Elektrik Elektroda Pt-Ru/C	18
4.3 Pengujian Kinerja MEA pada Beban Bervariasi	19
4.4 Pengujian Ketahanan (<i>Durability Test</i>) MEA	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Kesimpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	27

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Prinsip kerja <i>Fuel Cell</i>	6
Gambar 2. <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> (DMFC).....	8
Gambar 3. <i>Gas Diffusion Layer</i> (GDL)	9
Gambar 4. <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA)	16
Gambar 5. Voltammogram CV dari Elektroda Pt-Ru/C Pada Laju Telusur 10 mV/s	18
Gambar 6. Kurva Nyquist	18
Gambar 7. Kurva Voltammogram	20
Gambar 8. Kurva Durabilitas	21

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja	28
Lampiran 2. Perhitungan Nilai ECSA Elektroda Pt-Ru/C	29
Lampiran 3. Data Hasil Fitting Kurva Nyquist dan Hasil Konduktivitas	31
Lampiran 4. Gambar Alat dan Bahan Penelitian	33

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan CO₂, NO₂ dan SO₂ yang dapat menimbulkan pencemaran udara. Naiknya jumlah gas CO₂ di udara akibat pembakaran bahan bakar fosil akan meningkatkan efek rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global (Pratama, 2019). Oleh karena itu, diperlukan suatu energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan dan memiliki ketersediaan sumber daya yang melimpah seperti *fuel cell* (Cahyono, 2013). *Fuel cell* adalah suatu sistem elektrokimia yang mengubah energi kimia dari hidrogen dan oksigen langsung menjadi energi listrik (Hasan, 2007).

Fuel cell yang menggunakan bahan bakar cair lebih mudah untuk digunakan dari pada bahan bakar yang bersifat gas (Yulianda dkk, 2013). *Fuel cell* dapat digunakan dari energi kimia dan dapat berjalan tanpa batas waktu, selama persediaan sumber bahan bakarnya masih ada, yaitu hidrogen dan oksigen. Terdapat beberapa jenis *fuel cell* yang berdasarkan elektrolit maupun bahan bakar utamanya, salah satunya *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). DMFC merupakan *fuel cell* dengan membran polimer dan menggunakan bahan bakar metanol (Nuriana dkk, 2017).

DMFC termasuk pada DAFC (*Direct Alcohol Fuel Cell*) yang tidak membutuhkan *reformer* untuk menghasilkan bahan bakar hidrogen tetapi langsung mengumpankan alkohol ke dalam *fuel cell* (Yulianda dkk, 2013). DMFC adalah salah satu *fuel cell* yang dapat beroperasi pada temperatur rendah dan kualitasnya seperti durabilitas dan efisiensi yang akan dipengaruhi oleh material elektrokatalisnya (Nuriana dkk, 2017).

DMFC memiliki efisiensi yang energinya cukup tinggi melebihi 60% serta panas yang dihasilkan akibat proses reaksi sangat kecil. Tempat terjadinya reaksi katalitik seperti mengubah bahan bakar menjadi air dan energi listrik diartikan sebagai elektroda. Elektroda DMFC terdiri dari anoda dan katoda. Elektroda dapat tersusun dari berbagai komponen yang memberikan kinerja dalam menghasilkan energi (Saputra, 2017).

DMFC memiliki kesamaan dengan *Proton Exchange Membrane* (PEM), yaitu sama-sama menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan membran polimer. MEA merupakan komponen utama DMFC, dimana membran diapit oleh dua buah elektroda yang dilapisi katalis (Park *et al*, 2010). Katalis yang biasa digunakan pada *fuel cell* adalah katalis platinum yang berbasis karbon (Pt/C) yang akan digunakan untuk mereduksi oksigen pada katoda dan mengoksidasi hidrogen pada anoda (Chandrasa, 2009).

Dalam suatu reaksi, katalis digunakan dengan tujuan agar reaksi berjalan secara efektif dan efisien (Mardwita dkk, 2016). Katalis yang akan digunakan pada penelitian ini katalis Pt-Ru/C. Katalis yang digunakan dalam elektroda *fuel cell* umumnya dapat terdistribusi dalam substrat karbon hitam yang konduktif pada bentuk Pt/C (Saputra, 2017). Akan tetapi, selain katalis tunggal platina, pemakaian logam golongan transisi lain selain platina digunakan sebagai katalis pendukung platina. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan fungsi katalitik elektroda dan mengurangi kandungan platina (Rohendi dkk, 2010).

Mahalnya harga platina dapat diatasi dengan cara menurunkan kadar platina tanpa harus mengurangi nilai aktivitasnya, dengan menambahkan logam transisi yaitu ruthenium. Ruthenium merupakan katalis terbaik untuk melakukan reaksi oksidasi pada methanol di DMFC bisa disebut sebagai bi-functional, akan tetapi suatu hidroksil cenderung terbentuk ke permukaan ruthenium didalam larutan berair sehingga memiliki potensial yang jauh lebih rendah dan dapat memfasilitasi oksidasi dan intermediet yang teradsorpsi menjadi CO₂ selama proses oksidasi methanol (Saputra, 2017).

Penelitian mengenai berbagai katalis berbasis platina, dan katalis Pt-Ru sudah menunjukkan nilai aktivitas katalitik yang tinggi dalam reaksi oksidasi metanol dan kemampuannya dalam menghadapi keracunan pada karbon monoksida. Pt-Ru merupakan katalis yang paling banyak digunakan untuk anoda DMFC. Katalis Pt-Ru memiliki karakter logam yang lebih kuat untuk menunjukkan aktivitas elektrokatalitik yang lebih tinggi untuk oksidasi metanol dari pada oksidasi berlebih (Chakraborty *et al*, 2005).

Katalis Pt-Ru sangat efektif untuk reaksi hidrogenasi, memiliki ketahanan terhadap proses deaktivasi yang tinggi namun harganya sangat mahal (Mardwita

dkk, 2016). Hal ini dapat menahan kelemahan platina yang mudah teracun. Penambahan logam Ru ke platina akan menjadikan katalis membentuk Pt-Ru/C. Diharapkan karena adanya penambahan logam Ru dapat mengurangi penggunaan platina yang diperlukan, akan tetapi, dapat mempertahankan atau meningkatkan kinerja dan stabilitas pada katalis. Hanya elektrokatalis berbasis Pt yang akan menunjukkan reaktivitas dan stabilitas yang akan diperlukan dalam lingkungan DMFC sehingga praktis digunakan (Jones *et al*, 2007).

Elektroda akan berkerja dengan baik dengan adanya katalis ruthenium yang ditambahkan ke pada anoda platinum. Adanya penambahan katalis ruthenium dapat meningkatkan reaktivitas pada metanol ke dalam *fuel cell* yang lebih rendah. Sehingga, katalis ruthenium yang akan mengoksidasi karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan sebaliknya dapat membantu reaktivitas metanol dengan platinum pada suhu yang lebih rendah (Jones *et al*, 2007). Katalis Pt-Ru/C merupakan alternatif sebagai katalis yang dapat digunakan dalam teknologi fuel cell. Katalis Pt-Ru/C juga memiliki sifat yang tahan akan oksidasi dan gangguan pada gas CO (Chandrasa, 2009).

Pada multi-stek *fuel cell* yang terdiri dari 2 elektroda, yaitu anoda dan katoda, dimana keduanya akan dipisahkan oleh PEM. Sehingga setiap elektroda akan dilapisi dengan katalis platinum. Hidrogen yang dilewatkan ke anoda, oksigen akan diambil dari udara dengan menggunakan kopresor yang tersedia dan akan dialirkan pada katoda (Chandrasa, 2009). Salah satu kelebihan multi-stek DMFC yakni memiliki OCV dan daya yang lebih besar dibandingkan single-stek DMFC karena tersusun lebih dari satu MEA.

Metode *spraying* dapat digunakan untuk membuat dua elektroda pada DMFC dan pembuatan GDL yang digunakan pada *fuel cell* (Koraishy B, 2011). Metode *spraying* juga digunakan untuk mengoptimalkan karakteristik elektrokimia lapisan katalis. metoda *spraying* dilakukan dengan cara menyemprotkan katalis ke permukaan elektroda dan nafion atau penyemprotan yang dilakukan diatas katalis. Salah satu kelebihan dari metode *spraying* yakni dapat menghasilkan ketebalan sesuai yang dikehendaki bahkan hingga berukuran mikron. Semakin kecil ukuran partikel yang di aplikasikan maka memudahkan katalis yang masuk ke dalam pori

(Sulistyo dkk, 2013). Sehingga, penelitian ini menggunakan metode *spraying* sebagai metode yang dilakukan untuk pembuatan elektroda DMFC (Saputra, 2017).

Satu hal yang masih memerlukan perhatian dari DMFC adalah daya tahan (*durability*) MEA pada pemakaian yang berulang dan dalam jangka waktu yang lama, terutama pada DMFC multi stek. Penelitian ini dilakukan untuk membuat perpaduan antara katalis platina dan logam transisi ruthenium dengan menggunakan metode *spraying* dan menguji daya tahan MEA pada DMFC multi stek. Perpaduan antara katalis platina dan logam ruthenium dapat mengurangi kandungan pada platina yang akan digunakan dan juga dapat mengurangi kelemahan yang akan ditimbulkan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik elektroda Pt-Ru/C yang dibuat dengan metode *Spraying* (penyemprotan).
2. Bagaimana kinerja dan daya tahan MEA dengan metode *Spraying* (penyemprotan) pada DMFC multi stek.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan karakterisasi elektroda Pt-Ru/C dengan menggunakan pengukuran luas permukaan katalitik dengan *cyclic voltametry* (CV), serta pengukuran konduktivitas elektrik dengan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
2. Menguji kinerja MEA pada DMFC multi stek dengan parameter yang meliputi pengukuran OCV (*Open circuit voltage*), daya tahan, dan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu membuat MEA dengan katalis Pt-Ru/C menggunakan metode *spraying* (penyemprotan) dengan data prestasi yang baik pada DMFC. Elektroda yang dibuat diharapkan dapat mengurangi kandungan pada platina dan juga dapat mengurangi kelemahan pada katalis platina.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, S., Kamarudin, S. K., Daud, W. R. W., Yaakob, Z., and Kadhum, A. A. H. 2014. Novel Anode Catalyst for Direct Methanol Fuel Cells. *The Scientific World Journal*. 4(1): 1-9.
- Cahyono, M. S. 2013. Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 5(2): 67-76.
- Chakraborty, D., Bischoff, H., Chorkendorff, I., and Johannessen, T. 2005. Mixed Phase Pt-Ru Catalyst for Direct Methanol Fuel Cell Anode by Flame Aerosol Synthesis. *Journal of The Electrochemical Society*. 12: 2357-2363.
- Chandranan, P., Ghosh, A., and Ramaprabhu, S. 2018. High-Performance Platinum free Oxygen Reduction Reaction and Hydrogen Oxidation Reaction Catalyst in Polymer Electrolyte Membran Fuel Cell. *Scientific Reports*. 8(3591): 1-11.
- Chandrasa, G. T. 2009. Penelitian Pengaruh Pengontrol Panas terhadap Daya Keluaran *Stack Fuel Cell* PEM dengan Beban Dinamis. *Jurnal Ilmu Teknologi Energi*. 1(9): 22-39.
- Chang, J. Y., Kuan, Y. D., and Lee, S. M. 2014. Experimental Investigation of a Direct Methanol Fuel Cell with Hilbert Fractal Current Collectors. *Journal of Chemistry*. 4(1): 1-8.
- Chang, J., Feng, L., Jiang, K., Xue, H., Cai, W.B., Liu, C and Xing. 2016. Pt-CoP/C as an Alternative Pt-Ru/C Catalyst for Direct Methanol Fuel Cells. *Journal of Material Chemistry A*. 4(1): 1-330.
- Destyorini, F., Irmawati, Y., Widodo, H., Khaerudini, D. S dan Indayaningsih, N. 2018. Properties and Performance of Gas Diffusion layer PEMFC Derived from Coconut Coir. *Journal Eng Technol Science*. 50(3): 409-419.
- Elgrishi, N., Rountree, K. J., Brian, D. M., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T and Dempsey, J. L. 2018. A Partical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal Chemistry Education*. 95: 197-206.
- Giorgi, L., & Leccese, F. (2013). *Fuel Cells : Technologies and Applications*. 1–20.
- Hasan, A. 2007. Aplikasi Sistem Fuel Cell sebagai Energi Ramah Lingkungan di Sektor Transportasi dan Pembangkit. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 8(3): 277-286.

- Hayashi, K and Furuya, N. 2004. Preparation of Gas Diffusion Electrodes by Electrophoretic Deposition. *Journal of The Electrochemical Society*. 151(3): 354-357.
- Hijazi, A., Arifin, Z., and Pratapa, S. 2012. *Terhadap Sifat Korosi Baja*. 37. 1(1): 1-6.
- Jones, W. K., Savaram, N., and Munroe, N. 2007. A Direct Methanol Fuel Cell Using Cermet Electrodes in Low Temperature Cofire Ceramics. *Dept. of Mechanical and Materials Engineering*. 9(1) : 1-2.
- Joshi, N. R. 2014. Development in Direct Methanol Oxygen Fuel Cell (DMFC). *IOSR Journal of Applied Chemistry*. 7(9): 24-26.
- Joshi, P. S and Sutrave, D. S. 2018. A Brief Study of Cyclic Voltametry and Electrochemical Analysis. *International Journal of ChemTech Research*. 11(9): 77-88.
- Kharisma, T., Nina, A dan Dian, A. 2020. Karakteristik Membran Komposit Berbasis Kitosan/PVA Termodifikasi Lempung dari Babakan Madang Bogor. *Jurnal Sains Natural Universitas nusa Bangsa*. 10(1): 33-42.
- Kuriganova, A., Nikita, F., Mikhail, G., Dmitri, K., Igor, L and Nina, S. 2020. A Comparison of “Bottom-Up” and “Top-Down” Approaches to the Synthesis of Pt/C Electrocatalysts. *Processes*. 8(947): 1-13.
- Koraishy, B. M., Solomon, S., Meyers, J. P and Wood, K. L. 2012. Parametric Investigations of Direct Methanol Fuel Cell Electrodes Manufactured by Spraying. *Journal of Fuel Cell Science and Technology*. 9: 1-5.
- Larminie, J and Dicks, A. 2003. *Fuel Cell System References and Index*. New York.
- Lestari, K. R. 2021. *Sintesis Bahan Nano Membran*. LP_UNAS.
- Liu, J., Liu, C. T., Zhao, L., and Wang, Z. B. 2015. Highly Durable Direct Methanol Fuel Cell with Double-Layered Catalyst Cathode. *Journal of Nanomaterials*. 20(15): 1-9.
- Mardwita., Bustan., M. D dan Haryati, S. 2016. Studi Pengaruh Partikel Ruthenium dalam Katalis Ru/Al₂O₃ pada Reaksi Hidrogenasi Karbon Monoksida. *Jurnal Teknik Kimia*. 22(4): 61-68.
- Nguyen, H. L., Han, J., Nguyen, X. L., Yu, S., Goo, Y. M., and Le, D. D. 2021. Review of the Durability of Polymer Electrolyte Membran Fuel Cell in Long-

- Term Operation: Main Influencing Parameters and Testing Protocols. *Energies*. 14: 1-34.
- Nisa, N. F., Purnama, H dan Eniya, L. D. 2012. Uji Reaktivitas Pt terhadap O₂ menggunakan Pt Termodifikasi dan Pt/C Komersial untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS-2012*. ISSN 1412-9612: K40-K45.
- Nuriana, Y., Susanti, D., Purwaningsih, H dan Atmono, T. M. 2017. Analisis Pengaruh Waktu *Sputtering* Pd dan Ni pada Sintesis Material Elektrokatalisis Berbahan Pd-Ni/*Graphene* terhadap Unjuk Kerja *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). *Jurnal Teknik ITS*. 6(1): B96-B101.
- Park, I., Li, W and Manthiram, A. 2010. Fabrication of Catalyst-Coated Membrane-Electrode Assemblies by Doctor Blade Method and their Performance in Fuel Cells. *Journal of Power Sources*. 195: 7078-7082.
- Pratama, R. 2019. Efek Rumah Kaca terhadap Bumi. *Buletin Utama Teknik*. 14(2): 120-126.
- Rahmah, D. R., Rohendi, D., Syarif, N., Rachmat, A., Sya'baniah, N. F., and Yulianti, D. H. 2021. Characterization of Electrode with Cu₂O-ZnO/C and Pt-Ru/C Catalyst for Electrochemical Reduction CO₂ to CH₃OH. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 6(1):08-13.
- Rohendi, D dan Adnan, Y. 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*. 13(2C): 28-32.
- Rohendi, D., Syarif, N., Said, M., Utami, M. T and 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*. 1282: 1-6.
- Rusli, I dan Sitepu, T. 2013. Simulasi Distribusi Temperatur pada Gas Diffusion Layer Sebuah Sel Bahan Bakar Polymer Electrolyte Membrane Kapasitas 20 W. *Jurnal Dinamis*. 2(12): 8-15.
- Sajgure, M., Kachare, B., Gawhale, P., Waghmare, S and Jagadale, G. 2016. Direct Methanol Fuel Cell: A Review. *International Journal of Current Engineering and Technology*. E-ISSN 2277-4106, P-ISSN 2347-5161.

- Saputra, W. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Uji Kinerja Elektrods pada Diret Methnol Fuel Cell (DMFC). *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Setyaningsih., Yulianti, Y., dan Sembiring, S. 2019. Desain Inti Reaktor *Supercritical Water Reactor* (SCWR) Model Teras Silinder (r,z) dengan Bahan Bakar Thorium Hasil Daur Ulang. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 7(02): 215-221.
- Sudhakar, Y. N., Selvakumar, M and Bhat, D. K. 2018. Fundamentals and Applications in Energy Storage. *Biopolymer Electrolytes*. 152-161.
- Suhada, H. 2001. Fuel Cell sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(2): 92-100.
- Sulistyo, S., Ariffin, S and Mahzan, S. 2013. Manufacturing of Electrolyte and Cathode Layer SOFC Using Atmospheric Spraying Method and Its Characterization. *International Journal of Science and Engineering*. 4(1): 30.
- Tian, T., Tang, J., Guo, W and Pan, M. 2017. Accelerated Life-Time Test of MEA Durability Under Vehicle Operating Conditions in PEM Fuel Cell. *Front Energy*. 11(3): 326-333.
- Yi, L., Li, L., Xue, L., Xingyan, W., Wei, Y., Peiying, H and Xianyou, W. 2012. Carbon-Supported Pt E Co Nanoparticles as Anoda Catalyst for Direct Borohydride-Hydrogen Peroxide Fuel Cell: Electrocatalysis and Fuel Cell Performance. *International Journal of Hydrogen Energy*. 37(17): 125650-58.
- Yulianda, R., Purwanto, W., dan Pranoto, B. (2013). Pembuatan direct Methanol Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Penggerak CHEM E-CAR. *FT UI*. 1-6.
- Zainoodin, A. M., Kamarudin, S. K and Daud, W. R. W. 2010. Electrode in Direct Methanol Fuel Cells. *International Journal of Hydrogen Energy*. 35: 4606-4621.
- Zhao, Y., Fan, L., Ren, J and Hong, B. 2014. Electrodeposition of Pt-Ru and Pt-Ru-Ni Nanoclusters on Multi-Walled Carbon Nanotubes for Direct Methanol Fuel Cell. *International Journal of Hydrogen Energy*. 38: 4544-4557.