

**UJI KETAHANAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)
DENGAN KATALIS Pt/C DAN Pt-Ru/C PADA *DIRECT ETHANOL FUEL*
CELL (DEFC)**

SKRIPSI



OLEH:

YUNI ARTIKA

08031381621060

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

HALAMANAN PENGESAHAN

UJI KETAHANAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA)
DENGAN KATALIS Pt/C DAN Pt-Ru/C PADA *DIRECT ETHANOL FUEL*
CELL (DEFC)

SKRIPSI

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

Oleh:

YUNI ARTIKA

08031381621060

Indralaya, 22 Maret 2021

Pembimbing I



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

Pembimbing II



Dr. Nirwan Syarif, M.Si
NIP. 197010011999031003

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 “Uji Ketahanan *Membrane Electrode Assembly (MEA)* Dengan Katalis Pt/C Dan Pt-Ru/C Pada *Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC)*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 19 Maret 2021 dan diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 22 Maret 2021

Ketua :

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



Anggota :

2. **Dr. Nirwan Syarif, M.Si**
NIP. 197010011999031903
1. **Dr. Aimunady F. Panagan, M.Si**
NIP. 196011081994021001
2. **Dra. Desnelli, M.Si**
NIP. 196912251997022001
3. **Nova Yuliasari, M.Si**
NIP. 197307261999032001



Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Yuni Artika

NIM 08031381621060

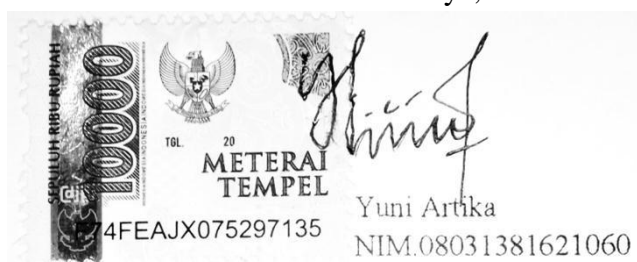
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam/Kimia

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, 20 Maret 2021



HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Yuni Artika
NIM 08031381621060
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepala Universitas Sriwijaya “Uji Ketahanan *Membrane Electrode Assembly (MEA)* Dengan Katalis Pt/C Dan Pt-Ru/C Pada *Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC)*”. 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, 20 Maret 2021

Yang menyatakan,



Yuni Artika

NIM.08031381621060

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- “Allah SWT tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya” (QS. AL-Baqarah 2:286).
- “Kerjakanlah urusan duniamu seakan-akan kamu hidup selamanya dan laksanakanlah urusan akhiratmu seakan-akan kamu akan mati besok” (HR. Ibnu Asakir).
- “Mungkin kamu tidak tahu pasti hasil dari tindakanmu tapi kalau kamu tidak bertindak. Dipastikan tidak akan pernah ada hasil”

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Saya sendiri yang telah berjuang selama ini dan untuk kedua orang tua saya serta adik-adikku yang selalu memberikan dukungan dan doa restu yang sangat luar biasa untuk Yuni.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. Wb

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini, saya sebagai penulis menyadari mendapat banyak dukungan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak baik materi maupun moril. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan bapak **Dr. Nirwan Syarif, M.Si.** atas segala bimbingan, motivasi, saran, petunjuk, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan penulis skripsi ini hingga selesai, juga kepada universitas sriwijaya atas bantuan fasilitas dalam penelitian.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. beserta jajarannya WD I, WD II dan WD III. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Terima kasih karena telah mendukung saya terus maju dan berkembang melalui semua informasi-informasi akademik yang disediakan di Fakultas MIPA.

1. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Pak Dr. Dedi Rohendi, M.T. Selaku dosen pembimbing utama. Terima kasih telah bersedia menjadi pembimbing dan sekaligus menjadi orang tua kedua yang selalu membimbing, mengajari, memotivasi dan selalu menyemangati untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas segala nasehat, dukungan moral maupun material kepada Yuni. Semoga bapak sehat selalu dan sukses terus. Aamiin

3. Pak Dr. Nirwan Syarif, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua. Terima kasih atas segala bentuk bimbingan, dukungan dan bantuannya kepada Yuni untuk selalu semangat menyelesaikan skripsi ini. Semoga bapak sehat selalu dan sukses terus. Aamiin
4. Ibu Dra. Desnelli, M.Si. selaku pembimbing akademik. Terima kasih sudah membimbing, motivasi dan menyemangati selama perkuliahan.
5. Pak Dr. Almunady T. Panagan, M.Si., Ibu Dra. Desnelli, M.Si dan Ibu Nova Yuliasari, M.Si. selaku dosen penguji. Terima kasih Bapak dan Ibu sudah memberikan ilmu, saran dan masukkan yang sangat bermanfaat dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Staf pengajar di Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya, terima kasih atas segala ilmu, materi dan dukungan untuk saya selama proses perkuliahan.
7. Staf administrasi jurusan, Mbak Novi, Kk Iin dan Kak Tejo. Terima kasih telah membantu semua urusan saya di Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sriwijaya sampai akhir perkuliahan ini.
8. Orang tua saya, bapak, umak dan adek-adekku. Terima kasih atas segala doa restu yang sangat luar biasa, semangat dan dukungan moral maupun material, kasih sayang yang tak terbatas yang selalu bapak dan umak berikan untuk Yuni. You are my spirit booster in my life <3
9. Team PUR Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya, terima kasih telah membantu, membimbing, mendukung baik secara moral maupun material selama penelitian. Terima kasih telah menjadi rumah yang hangat kekeluargaannya. Semoga kita selalu diberikan kesehatan dan kemudahan dalam segala urusan. Aamiin
10. Tutorku Kak Dwi Hawa Yulianti, M.Si. Terima kasih atas segala waktu dan ilmu yang diberikan. Terima kasih atas segala kesabaran kakak menghadapi saya selama ini mungkin selama ini saya banyak kekurangan dan kesalahan mohon maaf kak terkadang yuni tidak berani untuk mintak maaf secara langsung dan masih banyak lagi pelajaran yang kakak berikan. Semoga kedepannya segala urusan kakak selalu dipermudahkan

allah, selalu dikelilingi orang-orang baik dan sayang dengan kak. Jangan lupa undangannya ditunggu hehehe

11. Kakak team PUR (Kak Reka, Kak Icha Dan Kak Dea) terima kasih atas segala dukungan, bantuan dan pelajaran yang kalian berikan hingga yuni banyak pelajaran yang didapat baik pelajaran penelitian maupun pelajaran hidup. Team squad rujak tiap hari dan team racun shopee juga semoga kalian sukses terus dan jangan lupa undangan ditunggu hehe (untuk kak dea jangan ngasih undangan lagi kecuali undangan anak kakak nikah wkwk). Aamiin
12. Team PUR 16 (Dhoan, Hilal, Novia, Faisal, dan Hafis). Terima kasih atas bantuan, dukunga, kerja sama teamnya, dan sudah menjadi bagian dari cerita singkat. Semangat terus untuk kalian dan sukses buat kita.
13. Winni, terima kasih untuk selama ini saling dukung, saling menyemangati, selalu bersama, tukang racuni untuk belanja shopee dan masih banyak lagi ceritanya kalau lanjut takut lebih tebal cerita dibanding skripsiku hehehe. Semangat terus dan semoga apa yang diinginkan cepat tercapai. Aamiin
14. Team PUR 16 ex (Agathis, Widya, Meyliza, Renza, Aydes, Rahmah dan Juwita) terima kasih atas bantuan, saran, dukungan dan sudah bersedia menjadi tempat belajar dan ditanya-tanya soal proposal.
15. Adik-adik PUR 17 (Ayu, Roma, Oik., Dilla, Nimyo dll). Terima kasih atas segala cerita dan canda tawa saat lagi pusing-pusingnya, semangat terus penelitiannya. Semoga sukses selalu
16. Novia dan Hilal, terima kasih atas segala dukungan, semangat dan cerita selama penelitian. Sukses buat kalian
17. Ayu dan Roma, terima kasih atas segala canda tawa, teman revisian, team dikasih apapun dimakan dan langsung otw mall sendal jepit hehe. Semangat terus dan sukses buat kalian.
18. Tiara suci cahyani, terima kasih telah memberikan cerita dan pengalaman baru dan telah bersama-sama suka maupun duka. Semoga kita bisa mencapai apa yang kita inginkan selama ini dan dipermudahkan dalam segala hal. Aamiin

19. Keluarga KKN, Tiara, Rosa, Aulia, Ika, Tati, Cindy, Beni, Alif dan Raka.
Terima kasih telah memberikan cerita dan pengalaman baru dan telah bersama-sama beradaptasi di lingkungan yang baru. Sukses buat kita.
20. Teman Angkatan 16 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas pengalaman berharga yang telah diberikan.
21. Kakak-kakak kimia angkatan 2012-2015 dan adik-adik angkatan 2017-2019. Terima kasih telah menjadi bagian dari hari-hari perkuliahan.
22. Untuk saudaraku ayuk melly yang selalu ada suka maupun duka terima kasih atas segala cerita selama ini, selalu menyemangati disaat aku terpuruk dan tak mampu untuk menahan segala beban. Semoga cepat dipertemukan jodoh dan selalu dilancarkan segala urusannya. Aamiin
23. Keluarga besar Sayangku, Terima kasih atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan. Semoga kita selalu diberikan kesehatan dan kemudahan dalam segala urusan. Aamiin
24. Kepada Yuni Artika, terima kasih sudah bertahan sejauh ini dan telah berjuang sampai selesai.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 20 Maret 2021



Yuni Artika

NIM. 08031381621060

SUMMARY

DURABILITY TEST OF MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) WITH Pt/C AND Pt-Ru/C CATALYSTS ON DIRECT ETHANOL FUEL CELL (DEFC)

Yuni Artika: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Nirwan Syarif, M.Si
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xi + 47 Pages, 2 Tables, 10 Pictures, 9 Appendices

Membrane Electrode Assembly (MEA) resistance test studies with Pt /C and Pt-Ru/C catalysts on Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) have been carried out. Manufacture of electrodes with Pt/C and Pt-Ru/C catalysts with the method of Doctor Blade. The electrodes are made and characterized using Cyclic Voltammetry (CV) to determine the catalytic activity of the electrodes based on the value of the Electrochemical Surface Area (ECSA) and the Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) method 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 Ethanol Fuel Cell (DEFC) using ethanol as fuel. Based on the results of the characterization of the catalytic activity measurement, the ECSA value of the Pt/C electrode was 226.071 (Cm²/gram) and the Pt-Ru/C electrode was 194.9355 (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 4 hours shows that at a load of 50 mA /cm² it can withstand an initial stress of 0.524 V to 0.439 V and an energy density of 312.7 joules/cm². test for 24 hours the voltage dropped to 0.36 V

Keywords: Direct Ethanol Fuel Cell, Pt-C, Pt-Ru / C, Doctor Blade, Membrane
Electrode Assembly, Durability.

Citation : 44 (2005-2020)

RINGKASAN

UJI KETAHANAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) DENGAN KATALIS Pt/C DAN Pt-Ru/C PADA *DIRECT ETHANOL FUEL CELL* (DEFC)

Yuni Artika: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xi + 47 Halaman, 2 Tabel, 10 Gambar, 9 Lampiran

Studi uji ketahanan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan katalis Pt/C dan Pt-Ru/C pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC) telah dilakukan. Pembuatan elektroda dengan katalis Pt/C dan Pt-Ru/C dengan metode *Doctor Blade*. Elektroda dikarakterisasi menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mengetahui aktivitas katalitik elektroda berdasarkan nilai *Electrochemical Surface Area* (ECSA) dan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk mengetahui nilai konduktivitas listriknya. *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dibuat terdiri dari dua buah elektroda dengan membran elektrolit. MEA diuji kinerjanya, ketahanan dengan variasi beban dalam *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC) dengan menggunakan bahan bakar etanol. Berdasarkan hasil karakterisasi pengukuran aktivitas katalitik didapatkan nilai ECSA elektroda Pt/C sebesar 226,071 (Cm²/gram) dan elektroda Pt-Ru/C sebesar 194,9355 (Cm²/gram). Sementara pada pengujian dengan metode EIS didapatkan nilai konduktivitas elektroda Pt/C sebesar $1,301 \times 10^{-3}$ S/cm dan Pt-Ru/C sebesar $6,042 \times 10^{-3}$ S/cm. Pengujian ketahanan MEA pada beban yang bervariasi selama 4 jam menunjukkan bahwa pada beban 50 mA/cm² mampu bertahan dari tegangan awal sebesar 0,524 V menjadi 0,439 V dan densitas energi sebesar 312,7 joule/cm². Pengujian selama 24 jam tegangan turun menjadi 0,36 V

Kata Kunci : *Direct Ethanol Fuel Cell*, Pt-C, Pt-Ru/C, *Doctor Blade*, *Membrane Electrode Assembly*, Daya Tahan.

Sitasi : 44 (2005-2020)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i>	4
2.2 <i>Direct Ethanol Fuel Cell</i>	4
2.3 Komponen Penyusun <i>Fuel Cell</i>	5
2.3.1 <i>Membrane Elektroda Assembly</i>	6
2.3.1.1 Elektroda.....	6

A. <i>Gas Diffusion Layer</i>	7
B. Lapisan Katalis	8
2.4 Metode <i>Doctor Blade</i>	9
2.5 Karakterisasi Katalis	9
2.5.1 <i>Cyclic Voltammetry</i>	9
2.5.2 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>	10
2.6 <i>Open Circuit Voltage</i>	10
2.7 Ketahanan	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.3.1 Pembuatan Elektroda dengan Metode <i>Doctor Blade</i>	12
3.3.1.1 Pembuatan Elektroda Pt/C sebagai katoda dan Pt-Ru/C sebagai anoda	12
3.4 Pengukuran Luas Permukaan Katalik	13
3.5 Pengukuran Konduktivitas Elektrik	13
3.6 Pembuatan dan Pengujian Kinerja MEA pada DEFC	14
3.6.1 Aktivasi Membra	14
3.6.2 Pembuatan MEA	14
3.6.3 Pengujian MEA pada DEFC	14
3.7 Analisa Data	14
3.7.1 Uji Kinerja MEA pada DEFC	14
3.7.2 Ketahanan	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan Elektroda Menggunakan Metode <i>Doctor Blade</i>	16
4.2 Karakterisasi Elektroda DEFC	17
4.2.1 Pengukuran Aktivitas Katalitik menggunakan Metode CV	18

4.2.2 Pengukuran Nilai Konduktivitas menggunakan Metode EIS (<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>)	19
4.3 Pengujian Kinerja MEA	19
4.3.1 Pengukuran <i>Open Circuit Voltage</i> (OCV).....	19
4.3.2 Penentuan Kinerja MEA pada Stack DEFC Berdasarkan I-V dan I-P <i>Performance</i>	20
4.3.3 Uji Ketahanan MEA Dengan Beban Variasi Pada Stack DEFC.	21
4.3.4 Uji Ketahanan MEA Pada Beban Konstan Dengan Waktu Bervariasi.	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN.....	30

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Komponen penyusun DEFC	5
Gambar 2. Komponen penyusun MEA.	6
Gambar 3. Elektroda yang dibuat dengan Metode <i>Doctor Blade</i>	16
Gambar 4. MEA(<i>Membrane Electrode Assembly</i>).....	17
Gambar 5. Kurva Voltammogram Elektroda dengan Katalis Pt/C dan Pt-Ru/C.....	18
Gambar 6. Kurva Nyquist EIS (<i>Electrochemical Impedence Spectroscopy</i>)...	19
Gambar 7. Kurva I-V <i>performance</i> dan I-P <i>performance</i> MEA dengan Konsentrasi Etanol 15%.....	20
Gambar 8. Kurva Pengaruh Variasi Beban Terhadap Tegangan Pada Waktu Konstan	21
Gambar 9. Kurva Pengaruh Variasi Beban Terhadap Energi Yang Dihasilkan	22
Gambar 10. Kurva Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Tegangan.....	23

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Variasi Volume Pelarut.....	14
Tabel2. Uji Ketahanan.	15

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Skema Kerja Pembuatan Katoda dan Anoda	31
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Cyclic Voltammetry (CV)	33
Lampiran 3. Data Hasil <i>Fitting</i> Kurva <i>Nyquist</i> dan Hasil Konduktivitas.....	36
Lampiran 4. Data Uji Ketahanan MEA Pada Beban 10 mA.	38
Lampiran 5. Data Uji Ketahanan MEA Pada Beban 30 mA.	39
Lampiran 6. Data Uji Ketahanan MEA Pada Beban 50 mA.	41
Lampiran 7. Data Uji Ketahanan MEA Pada Beban 70 mA.	43
Lampiran 8. Data Uji Ketahanan MEA Pada Beban 90 mA.	44
Lampiran 9. Gambar Alat Dan Penelitian.	46

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi yang saat ini banyak digunakan di Indonesia merupakan energi fosil yang tidak dapat diperbarui (Ahmad dkk, 2013) diantaranya minyak bumi, batu bara dan gas alam yang dapat menyebabkan bahaya lingkungan. Sementara itu kebutuhan energi semakin meningkat dengan perkembangan industri dan peningkatan populasi manusia sehingga diperlukan adanya energi terbarukan yang dapat memaksimalkan perkembangan teknologi penghasil energi alternatif yang memiliki sifat ramah lingkungan salah satunya *fuel cell* (Caglar et al., 2020).

Fuel cell merupakan perangkat konversi energi yang mengubah bahan kimia energi hidrogen dan oksigen menjadi listrik dan panas melalui reaksi redoks elektrokimia di sisi anoda dan katoda masing-masing. *Fuel Cell* dapat dibedakan berdasarkan beberapa jenis elektrolit dan kondisi operasinya. Salah satu jenis *fuel cell* yang memiliki kemudahan dalam pengaplikasiannya yaitu *Direct Ethanol fuel Cell* (DEFC).

DEFC merupakan jenis *fuel cell* yang menggunakan etanol sebagai bahan bakar. Etanol merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan dapat dengan mudah dan cepat diproduksi dalam jumlah besar dari biomassa. Etanol memiliki kelebihan sebagai bahan bakar yaitu tidak mudah meledak, relatif tidak beracun dibandingkan dengan metanol dan memiliki energi spesifik 8 kWh lebih besar dibandingkan dengan metanol yang hanya memiliki energi spesifik sesar 6,1 kWh. (Assumpção et al., 2014). Akan tetapi, elektrooksidasi etanol lebih lambat menyebabkan kinerjanya lebih rendah dibandingkan DMFC. Meskipun demikian, elektrooksidasi yang lambat mampu memperkecil kemungkinan terjadinya *crossover* pada DEFC.

Selain bahan bakar, komponen terpenting dalam reaksi elektrokimia yakni keberadaan *Membrane Electrode Assembly* (MEA). MEA tersusun dari dua buah elektroda yaitu anoda dan katoda. Katalis yang umum digunakan pada pembuatan elektoda berbasis platina dimana digunakan Pt/C pada katoda dan Pt-Ru/C di

anoda (Sajgure et al., 2016). Pt/C digunakan pada sisi katoda karena memiliki kemampuan katalitik yang tinggi terutama pada reduksi oksigen di katoda, sementara keberadaan Ru pada penggunaan Pt-Ru/C di anoda dimaksudkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap keracunan CO yang mudah terbentuk akibat reaksi oksidasi etanol (Goel & Basu, 2015).

Pembuatan elektroda *fuel cell* yang saat ini dikembangkan memiliki beberapa metode diantaranya *casting*, *spin coating*, *spraying*, elektrodeposisi dan *Doctor Blade* (Dedi Rohendi & Adnan, 2010). Metode *doctor blade* memiliki kelebihan terutama pada teknik penggunaan alat dimana ketebalan lapisan katalis dapat diatur sesuai yang dikehendaki (Himmaty, 2013). Metode ini lebih efisien dan memiliki presisi yang tinggi dalam aplikasi pasta katalis dengan luas area berukuran besar. Metode pembuatan elektroda dapat mempengaruhi aktivitas katalitik dan konduktivitas elektrik elektroda (Park et al., 2010).

Aktivitas katalitik elektroda dapat diketahui dengan mengkarakterisasi elektroda dengan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan konduktivitas elektrik diketahui dengan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). Reaksi elektrokimia akan berlangsung pada MEA. Sementara itu, MEA dibuat dengan menggabungkan kedua elektroda yang mengapit membran nafion 117. Pengukuran kinerja MEA pada DEFC dapat diketahui dari pengukuran I-V dan I-P *performance*.

Selain pengukuran kinerja berdasarkan I-V dan I-P *performance*, untuk menentukan kualitas MEA dapat dilakukan dengan mengukur daya tahan. Daya tahan digunakan untuk mengukur ketahanan yang dimiliki MEA dalam rentang waktu tertentu. Uji ketahanan dilakukan dengan pemberian beban yang diatur untuk menentukan dan mengukur mekanisme degradasi yang terjadi. Uji ketahanan MEA akan menunjukkan degradasi katalis pada MEA yang diujikan (Zhou et al, 2010). Berdasarkan penjelasan mengenai kinerja MEA pada DEFC maka akan dilakukan penelitian tentang pembuatan MEA dengan katalis Pt/C dan Pt-Ru/C menggunakan membran Nafion 117 serta melakukan pengujian dengan memberikan beban bervariasi dan pengukuran uji ketahanan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana aktivitas katalitik katalis dan pengujian konduktivitas elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C yang dibuat dengan metode *doctor blade* ?
2. Bagaimana kinerja MEA berdasarkan pengaruh pemberian beban dan pengujian daya tahan pada sel tunggal DEFC ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui aktivitas katalitik dan konduktivitas elektrik elektroda dengan katalis Pt/C dan Pt-Ru/C yang dibuat dengan metode *doctor blade*.
2. Menguji daya tahan MEA sel tunggal DEFC pada beban bervariasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang penggunaan *doctor blade* dalam pembuatan elektroda *fuel cell*, pengujian kinerja MEA pada perangkat DEFC serta mengetahui daya tahan MEA dan keefesienannya sebagai salah satu teknologi yang dapat menjadi alternatif terhadap krisis energi khususnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad r, D., Nugraha, C dan Setyo r, H. 2013. Analisis Kebijakan Menggunakan Pemodelan Matematika untuk Pengembangan Industri Bahan Bakar Nabati Bioetanol. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*. 1(1): 143–155.
- Alia, S. M., Stariha, S., and Borup, R. L. 2019. Electrolyzer Durability at Low Catalyst Loading and with Dynamic Operation. *Journal of The Electrochemical Society*, 166(15), F1164–F1172.
- Assumpção, M. H. M. T., Nandenha, J., Buzzo, G. S., Silva, J. C. M., Spinacé, E. V., Neto, A. O and De Souza, R. F. B. 2014. The Effect of Ethanol Concentration on the Direct Ethanol Fuel Cell Performance and Products Distribution: A Study Using a Single Fuel Cell/Attenuated Total Reflectance - Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Journal of Power Sources*. 253: 392–396.
- Avcioglu, G. S., Ficicilar, B., and Eroglu, I. 2016. Effect of PTFE nanoparticles in catalyst layer with high Pt loading on PEM fuel cell performance. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(23), 10010–10020.
- Borup, R. L., Davey, J. R., Garzon, F. H., Wood, D. L and Inbody, M. A. 2006. PEM Fuel Cell Electrocatalyst Durability Measurements. *Journal of Power Sources*. 163(1): 76–81.
- Caglar, A., Düzenli, D., Onal, I., Tezsevin, I., Sahin, O and Kivrak, H. 2020. A Comparative Experimental and Density Functional Study of Glucose Adsorption and Electrooxidation on the Au-graphene and Pt-graphene Electrodes. *International Journal of Hydrogen Energy*. 45(1): 490–500.
- Chang, J., Feng, L., Jiang, K., Xue, H., Cai, W. Bin, Liu, C and Xing, W. 2013. Pt-CoP/C as an Alternative PtRu/C Catalyst for Direct Methanol Fuel Cells. *Journal of Materials Chemistry A*. 4(47): 18607–18613.
- Chen, J., Jiang, C., Lu, H., Feng, L., Yang, X., Li, L and Wang, R. 2009. Solvent Effects on Pt-Ru/C Catalyst for Methanol Electro-oxidation. *Journal of Natural Gas Chemistry*. 18(3): 341–345.
- Chaparro, C. V., Herrera, L. V., Meléndez, A. M., and Miranda, D. A. 2016. Considerations on electrical impedance measurements of electrolyte solutions in a four-electrode cell. *Journal of Physics: Conference Series*, 687(1).
- Corpuz, A. R., Olson, T. S., Joghee, P., Pylypenko, S., Dameron, A. A., Dinh, H. N., O'Neill, K. J., Hurst, K. E., Bender, G., Gennett, T., Pivovar, B. S., Richards, R. M and O'Hayre, R. P. 2012. Effect of a Nitrogen-doped PtRu/carbon Anode Catalyst on the Durability of a Direct Methanol Fuel Cell. *Journal of Power Sources*. 217: 142–151.

- Deshpande, S. S., Khopkar, S. S., and Shankarling, G. S. 2017. A thiazoloquinoxaline based “turn-on” chemodosimeter for detection of copper ions. *Dyes and Pigments*. 147: 393–399.
- Deutschmann, O. 2009. Heterogeneous Catalysis and Solid Catalysts. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
- Fatih, K., Neburchilov, V., Alzate, V., Neagu, R., and Wang, H. 2010. Synthesis and characterization of quaternary PtRuIrSn/C electrocatalysts for direct ethanol fuel cells. *Journal of Power Sources*, 195(21), 7168–7175.
- Ghediya, P. R and Chaudhuri, T. K. 2014. Doctor-blade Printing of Cu₂ZnSnS₄ Films From Microwave-processed ink. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 26(3): 1908–1912.
- Goel, J and Basu, S. 2015. Mathematical Modeling and Experimental Validation of Direct Ethanol Fuel Cell. *International Journal of Hydrogen Energy*. 40(30): 1–11.
- Hawa Yulianti, D., Rohendi, D., Syarif, N., and Rachmat, A. 2019. Performance Test of Membrane Electrode Assembly in DAFC using Mixed Methanol and Ethanol Fuel with Various Volume Comparison. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 4(3), 139–142.
- Hijazi, A., Arifin, Z., and Pratapa, S. (2012). *Terhadap Sifat Korosi Baja St . 37. 1(1)*, 1–6.
- Himmaty, I. dan Endarko. 2013. Pembuatan Elektroda dan Perancangan Sistem Capacitive Deionization Untuk Mengurangi Kadar Garam Pada Larutan Sodium Clorida (NaCl). *Berkala Fisika*. 16(3): 67–74.
- Karim, N. A and Kamarudin, S. K. 2012. An Overview on Non-platinum Cathode Catalysts for Direct Methanol Fuel Cell. *Applied Energy*. 103: 212–220.
- Kashyap, D., Dwivedi, P. K., Pandey, J. K., Kim, Y. H., Kim, G. M., Sharma, A and Goel, S. 2014. Application of Electrochemical Impedance Spectroscopy in Bio-fuel Cell Characterization: A Review. *International Journal of Hydrogen Energy*. 39(35): 20159–20170.
- Liu, Z., Yang, Y., Lü, W., Wang, C., Chen, M., and Mao, Z. 2012. Durability test of PEMFC with Pt-PFSA composite membrane. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(1), 956–960.
- Maheshwari, K., Sharma, S., Sharma, A and Verma, S. 2018. Fuel Cell and its Applications: A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 7(6): 6–9.
- Mahmud, K. 2013. Fuel cell and renewable Hydrogen Energy to Meet Household

- Energy Demand. *International Journal of Advanced Science & Technology*. 54: 97–104.
- Majlan, E. H., Rohendi, D., Daud, W. R. W., Husaini, T and Haque, M. A. 2018. Electrode for Proton Exchange Membrane Fuel Cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 89: 117–134.
- Mathur, R. B., Maheshwari, P. H., Dhama, T. L and Tandon, R. P. 2007. Characteristics of the Carbon Paper Heat-treated to Different Temperatures and its Influence on the Performance of PEM Fuel Cell. *Electrochimica Acta*. 52(14): 4809–4817.
- Mohan, S and Shrestha, S. O. B. 2009. *Experimental Investigation of a Passive Direct Methanol Fuel Cell*. 2: 124–128.
- Mustain, W. E., Chatenet, M., Page, M., and Kim, Y. S. 2020. Durability challenges of anion exchange membrane fuel cells. *Energy and Environmental Science*, 13(9), 2805–2838.
- Noviyanti, A. R., Yuliyati, Y. B., Solihudin, Eddy, D. R and R.Tjokronegoro. 2016. Silika Sekam Padi. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*. 6(2): 1–6.
- O'Hayre, R. P. 2018. Fuel cells for electrochemical energy conversion. *EPJ Web of Conferences*, 189, 00011.
- Omrani, R., and Shabani, B. 2017. Gas diffusion layer modifications and treatments for improving the performance of proton exchange membrane fuel cells and electrolyzers: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(47), 28515–28536.
- Ong, B. C., Kamarudin, S. K., and Basri, S. 2017. Direct liquid fuel cells: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(15), 10142–10157.
- Park, I. S., 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(20): 7078–7082.
- Prajapati, M. J and Thakkar, Prof. N. J. 2015. A Review on Development of Doctor Blade Assembly for Rotogravure Printing Machine. *International Journal for Scientific Research & Development*. 3(5): 111–112.
- Rohendi, D, Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Shyuan, L. K and Raharjo, J. 2016. Comparison of The Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Electrodes with Different Carbon Powder Content and Methods of Manufacture. *Indonesian Journal Of Fundamental And Applied Chemistry*. 61–66.
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Wan Daud, W. R., Hassan Kadhum,

- A. A., and 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.
- Rohendi, D and Adnan, Y. 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*. 13(2).
- 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 Inpressco Ijcet Special*. 6(6): 2277–4106.
- Saxena, S and Verma, A. 2015. Introduction to Fuel Cell Technology: A Review. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*. 2(1).
- Shaari, N., Kamarudin, S. K and Zakaria, Z. 2019. Enhanced Alkaline Stability and Performance of Alkali-doped Quaternized Poly(Vinyl Alcohol) Membranes for Passive Direct Ethanol Fuel Cell. *International Journal of Energy Research*. 43(10): 1–14.
- Shao, Y., Yin, G and Gao, Y. 2007. Understanding and Approaches for the Durability Issues of Pt-based Catalysts for PEM Fuel Cell. *Journal of Power Sources*. 171(2): 558–566.
- Siracusano, S., Baglio, V., Van Dijk, N., Merlo, L., and Aricò, A. S. 2017. Enhanced performance and durability of low catalyst loading PEM water electrolyser based on a short-side chain perfluorosulfonic ionomer. *Applied Energy*, 192, 477–489.
- St-Pierre, J., and Zhai, Y. 2020. Impact of the cathode Pt loading on PEMFC contamination by several airborne contaminants. *Molecules*, 25(5).
- Sugito, H and Mujasam. 2009. Konduktivitas Listrik Pulp Kakao dengan Fermentasi dan Pengenceran. *Berkala Fisika*. 12(3): 93–98.
- Wu, J., Yuan, X. Z., Martin, J. J., Wang, H., Zhang, J., Shen, J., Wu, S and Merida, W. 2008. A review of PEM fuel cell durability: Degradation Mechanisms and Mitigation Strategies. *Journal of Power Sources*. 184(1): 104–119.
- Ye, Q and 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): A2238.
- Zakaria, Z., Kamarudin, S. K and Timmiati, S. N. 2016. Membranes for Direct Ethanol Fuel Cells: An overview. *Applied Energy*. 163: 334–342.

- 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*. 39(9): 4544–4557.
- Zhou, Z. M., Zhi, G. S., Xiao, P. Q., Xu, G. C., Zi. D. W and Bao, L. Y. 2010. Durability Study of Pt-Pd/C as PEMFC Cathode Catalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*. 35. 1719-1726.