

Pengaruh Volume Pelarut 2-Propanol dalam Pembuatan Elektroda dengan Menggunakan Metode *Doctor Blade* terhadap Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC)

SKRIPSI



OLEH:

MOHD HILAL ASSEGAF

08031181621002

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VOLUME PELARUT 2-PROPANOL DALAM
PEMBUATAN ELEKTRODA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *DOCTOR BLADE* TERHADAP KINERJA *MEMBRANE
ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) PADA *DIRECT ETHANOL
FUEL CELL* (DEFC)**

SKRIPSI

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

Oleh:

MOHD HILAL ASSEGAF

08031181621002

Indralaya, 03 Desember 2020

Pembimbing I



Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

Pembimbing II



Fahma Riyanti, M.Si

NIP. 197204082000032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Pengaruh Volume Pelarut 2-Propanol dalam Pembuatan Elektroda dengan Menggunakan Metode *Doctor Blade* Terhadap Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) Pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 November 2020 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 03 Desember 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

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

()

Anggota :

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

()

3. **Dr. Hasanudin, M.Si**
NIP. 197205151997021003

()

4. **Hermansyah, Ph.D**
NIP. 197111191997021001

()

5. **Widia Purwaningrum, M.Si**
NIP. 197304031999032001

()

Dekan FMIPA

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

Mengetahui,

Ketua Jurusan

Dr. Hasanudin, M. Si
NIP. 197205151997021003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Mohd Hilal Assegaf
NIM : 08031181621002
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, 03 Desember 2020

Penulis



Mohd Hilal Assegaf

NIM. 08031181621002

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

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

Nama Mahasiswa : Mohd Hilal Assegaf

NIM : 08031181621002

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Pengaruh Volume Pelarut 2-Propanol Dalam Pembuatan Elektroda dengan Menggunakan Metode *Doctor Blade* terhadap Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC)”. Dengan hak bebas royalti 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. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 03 Desember 2020

Yang menyatakan,



Mohd Hilal Assegaf
- NIM. 08031181621002

LEMBAR PERSEMBAHAN

- “ *Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan) tetaplah engkau bekerja keras (untuk urusan yang lainnya)”* (Q.S Al-Insyirah 94: 6-7).
- “ *Tidakkah kita harus pahami bahwa ketika memberikan sesuatu karena Allah haruslah yang terbaik dari yang terbaik? Berikan yang terbaik untuk Allah, maka Allah pun akan memberikan yang terbaik juga untuk kita ”* (Dalam Buku *Ketetapan Terindah : Panji Ramdana*).
- “ *Yakinlah, sebaik-baik penolongmu adalah Allah, jangan ragu untuk terus berusaha dan berdoa. Sungguh Allah lebih mengetahui apa yang baik dan yang buruk ”* (Widya Twiny Rizki).

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada:

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

Dan kupersembahkan kepada :

1. *Orang tuaku tersayang yang senantiasa mendoakan, menyayangi dengan penuh kesabaran dan selalu memberiku semangat di setiap langkah.*
2. *Saudara-saudaraku yang selalu aku sayangi dan cintai.*
3. *Pembimbingku (Dr.Muhammad Saïd, M.T & Fahma Riyanti, M.Si).*
4. *Sahabat-sahabatku Tersayang*
5. *Seseorang yang selalu ku bawa dalam doa*
6. *Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT dan baginda Nabi Muhammad SAW yang tak henti-hentinya yang telah memberikan syafaat, kasih sayang, kesabaran, kekuatan dan pertolongan kepada penulis sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Pengaruh Volume Pelarut 2-Propanol dalam Pembuatan Elektroda dengan Menggunakan Metode *Doctor Blade* terhadap Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC)”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini penulis menyadari sangat mendapat banyak dukungan dan bantuan serta bimbingan sari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T.** selaku pembimbing I dan Ibu **Fahma Riyanti, M.S.i.** selaku pembimbing II atas segala bimbingan, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW, karena atas rahmat dan ridho-nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan lancar.
2. Kedua orang tua tersayang Bapak Iskandar dan Ibu Aslamiyah senantiasa membimbing, menguatkan pundak, mengingatkan, serta terima kasih do'a yang selalu kalian curahkan kepadaku dan terima kasih atas dukungan materi maupun non materi.
3. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan MIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi serta informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.

5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi serta informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.
6. Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc selaku dosen pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak motivasi bimbingan serta solusi terkait masalah yang saya hadapi selama perkuliahan berlangsung.
7. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku pembimbing serta Good Father yang memberikan cerita paling terbaik dalam perkuliahan ini. Dengan mengutamakan kejujuran, arti tata krama, sopan santun, rasa bersyukur yang membuat kekeluargaan di PUR menjadi keluarga kedua saya selain keluarga dirumah. Terimakasih pak atas hal yang paling berkesan semoga bapak sehat selalu kedepannya, berada di dalam lindungan Allah SWT dan sukses terus ya pak dalam kepemimpinan PUR menuju PUR Maju hingga tak terbatas aminn yaallah.
8. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si, Bapak Hermansyah, Ph.D, dan Ibu Widia Purwaningrum, M.Si selaku pembahas dan penguji siding sarjana yang telah membimbing, membantu dan memberikan saran dalam menyelesaikan skripsi ini serta terima kasih juga atas ilmu pengetahuan yang saya dapatkan selama proses pengujian selama ini.
9. Ibu Ferlina Hayati, M.Si selaku Koordinator Seminar yang membantu dalam segala hal dalam pengurusan jadwal seminar.
10. Seluruh staf Dosen Jurusan Kimia FMIPA dan Staf Administrasi Jurusan (Mbak Novi dan Kak Iin) terima kasih banyak atas bantuannya selama perkuliahan.
11. Keluarga besar tercinta, saudara dan orang-orang terdekatku, terimakasih teruntuk adikku Mohd Iqbal yang selalu ngertiin abannya, Bang Deni, Bang sobri, Reza, Furqon, Iyan, Ryan, Yusuf yang telah mendukung. Sekaligus teruntuk adek Salsabila, Ikram, Taufik, Zareen, Fanny, Nayla dan aurel yang selalu menghibur.
12. Widya Twiny Rizki yang selalu mensupport, mendukung, mendoakan dalam keadaan apapun. Terima kasih telah jadi orang spesial yang menuntun hilal jadi orang yang lebih baik lagi, cepet selesai ya S2 nya.

Semoga kita tetap berkesinambungan walaupun nanti jarak memisahkan kita hehe **“when I tell I love you, I don’t say it out of habit. I say it to remind you that you’re the best thing that ever happened to me”**

13. Sahabat M. Chusein Alyuda dan Aulia Nofridianti yang telah mensupport dalam keadaan apapun . sehat selalu untuk kita semua dan semoga kita sukses bareng bareng aminn ya allah.
14. Sahabat HIMAJA Dhoan, Alex, Mirza, Tegar, Karomi, Ryan, Yudi, Rama, Fajar, Ajik, Juli, Doni, Dheo, Joshua, Bintang, Azry, Winda, Rima, Melati, Uul, Nina, dek yana, dek enyta, amat bertam, bogik, fajar dan yang belum tertulis terimakasih kepada kalian semua yang memberikan dukungan, saran, dan memberikan makna arti pertemanan yang selalu akan saya ingat . The Best untuk kalian semoga sehat selalu dan semoga kita sukses bareng yaaaaa.
15. Teman teman seperjuangan kimia 2016, terima kasih atas bantuan dan kebersamaannya dari maba hingga akhir. Semoga sukses untuk kita semua.
16. Kakak-kakak PUR (Kak Dwi, Kak Dea, Kak Reka, Kak Icha, Kak Novia, Kando Hengki), Temen Seperjuangan PUR (Dhoan, Hafiz, Faisal, Novia, Widya, Agatis, Juwita, Winni, Aydes, Rahmah, Meyliza, Yuni) serta team PUR lainnya, terimakasih atas bantuannya dalam menyelesaikan penelitian dan selalu memberikan motivasi, bantuan dalam segala hal semoga kebaikan kalian jadi amal dan ibadah aminnnn yaallah.. Semoga kalian semua dalam lindungan ALLAH SWT aminn.
17. Kak Dwi Hawa Yulianti M.Si terimakasih banyak kakk atas waktu dan bantuannya yang tidak bisa dihitung dan diukur, yang telah jadi mentor dalam segi ilmu maupun kehidupan. terimakasih kak selalu mengingatkan kata kata bersyukur, hilal bingung kak mau ngomong apa lagi nak nangis ni, sedih be perasaan baru ketemu ni la nak berpisah bae, maaf kak kalau ada salah kata atau perbuatan yang membuat hati kakak jengkel hehe. Semoga kakak selalu dalam lindungan Allah SWT, sehat terus, bahagia terus, rezeki nya lancar, dan semoga laki-laki nak ngelamar tu jadi nian nak ngelamar tahun 2021 ni dan jangan lupa ngundang hehe.

18. Team TA (Yuni, Winni) terimakasih udah banyak bantuin, ngasih saran, bantuin edit format. Semoga semua urusan kalian lancar dan hal kebaikan yang kalian berikan menjadi amal dan ibadah aminn yaallah.
19. Seluruh kakak dan adik tingkat kimia FMIPA UNSRI serta semua pihak yang telah membantu memberikan saran dan masukannya.
20. Temen temen per-futsal se-unsri yang telah menjadi temen latihan dan berjuang untuk menjadi yang terbaik. Semoga kalian sehat selalu karna olahraga itu buat kita sehat dan kalian didalam lindungan Allah SWT.
21. Virus Covid-19, terimakasih telah mengajarkan kepada kami betapa pentingnya menjaga kebersihan serta mengajarkan kami arti kesabaran, sehingga dapat memahami bahwa waktu adalah suatu hal yang sangat berharga. Do'anya semoga memahami cepet berakhir masa pandemi ini dan kita dapat beraktivitas kembali sedia kala. Aaaminnn

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

Indralaya, 03 Desember 2020

Penulis,



Mohd Hilal Assegaf

NIM. 08031181621002

ABSTRACT

The Effect of 2-Propanol Solvent Volume in Electrodes Making Using the Doctor Blade Method on the Performance of the Membrane Electrode Assembly (MEA) in Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC)

Mohd Hilal Assegaf: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Fahma Riyanti, M.Si

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xi + 61 pages, 4 tables, 8 pictures, 4 appendices

Study of the Effect of 2-Propanol Solvent Volume in Electrodes Making Using the Doctor Blade Method on the Performance of the Membrane Electrode Assembly (MEA) on Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) has been carried out. The 2-propanol solvent with various volumes was used in the manufacture of electrodes with a catalyst of Pt / C 40% and Pt-Ru / C 40% using the Doctor Blade method. The electrodes made were characterized using the Cyclic Voltammetry (CV) method to determine the catalytic activity of the electrodes based on the Electrochemical Surface Area (ECSA) value and the Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) method to determine the value of its electrical conductivity. The Membrane Electrode Assembly (MEA) is made from a combination of two electrodes with an electrolytic membrane. The performance of MEA was tested in Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) using ethanol fuel with various concentrations. Based on the characterization results, it was found that the Pt-Ru/C electrode with a solvent volume of 2-propanol 0.3 mL had the largest ECSA value with a value of 97.753 cm²/g. Meanwhile, the best value of the Pt-Ru/C electrode conductivity was obtained on the electrode made with a solvent volume of 1.2 mL of 3.571 x 10⁻³ S/cm. The MEA performance test showed the best OCV value occurred in MEA with a solvent volume of 1.2 mL and was able to maintain the stress with the addition of load and produced the highest power density of 3.953 mW/cm². Testing of MEA on ethanol concentrations varies between 5%-25% v/v showing the best performance of MEA occurs using ethanol fuel at 15% v/v with the highest power density of 3.953 mW/cm² at a current density of 7.375 mA/cm².

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

Citations: 46 (2000-2018)

ABSTRAK

Pengaruh Volume Pelarut 2-Propanol dalam Pembuatan Elektroda dengan Menggunakan Metode *Doctor Blade* terhadap Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC)

Mohd Hilal Assegaf: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Fahma Riyanti, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xi + 61 halaman, 4 tabel, 8 Gambar, 4 lampiran

Studi Pengaruh Volume Pelarut 2-Propanol dalam Pembuatan Elektroda dengan Menggunakan Metode *Doctor Blade* terhadap Kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) pada *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC) telah dilakukan. Pelarut 2-propanol dengan volume bervariasi digunakan dalam pembuatan elektroda dengan katalis Pt/C 40% dan Pt-Ru/C 40% menggunakan metode *Doctor Blade*. Elektroda yang dibuat dikarakterisasi menggunakan metode *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 dari gabungan dua buah elektroda dengan membrane elektrolit. MEA diuji kinerjanya dalam *Direct Ethanol Fuel Cell* (DEFC) dengan menggunakan bahan bakar etanol dengan konsentrasi bervariasi. Berdasarkan hasil karakterisasi didapatkan bahwa elektroda Pt-Ru/C dengan volume pelarut 2-propanol 0,3 mL memiliki nilai ECSA terbesar dengan nilai 97,753 cm²/g. Sementara itu, nilai konduktivitas elektroda Pt-Ru/C terbaik didapatkan pada elektroda yang dibuat dengan volume pelarut 1,2 mL sebesar 3,571 x 10⁻³ S/cm. Pengujian kinerja MEA menunjukkan nilai OCV terbaik pada terjadi pada MEA dengan volume pelarut 1,2 mL dan mampu mempertahankan tegangan dengan penambahan beban dan menghasilkan densitas daya tertinggi sebesar 3,953 mW/cm². Pengujian MEA pada konsentrasi etanol bervariasi antara 5% - 25% v/v menunjukkan kinerja terbaik MEA terjadi dengan menggunakan bahan bakar etanol sebesar 15% v/v dengan densitas daya tertinggi sebesar 3,953 mW/cm² pada densitas arus sebesar 7,375 mA/cm².

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

Kutipan : 46 (2000-2018).

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRACT	xi
ABSTRAK	xii
DAFTAR ISI	xiii
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	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Fuel Cell</i> dan Prinsip Kerja	5
2.2 Direct Ethanol Fuel Cell	6
2.3 Komponen Penyusun Fuel Cell	7

2.3.1 Elektroda DEFC.....	8
2.3.2 <i>Gas Diffusion Layer</i>	8
2.3.3 <i>Membrane Electrode Assembly</i>	9
2.4 Katalis.....	9
2.4.1 Logam Platina.....	9
2.4.2 Logam Ruthenium.....	10
2.5 Metode <i>Doctor Blade</i>	10
2.6 Karakterisasi Katalis.....	10
2.6.1 <i>Cyclic Voltammetry</i>	11
2.6.2 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>	11
2.6.3 Konduktivitas Elektrik.....	12
2.6.4 <i>Open Circuit Voltage</i>	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Pembuatan Elektroda dengan Metode <i>Doctor Blade</i>	14
3.3.1.1 Pembuatan Elektroda Pt/C sebagai katoda.....	14
3.3.1.2 Pembuatan Elektroda Pt-Ru/C sebagai anoda.....	15
3.4 Karakterisasi Elektroda.....	15
3.4.1 Pengukuran Konduktivitas Elektrik.....	16
3.5 Pembuatan dan Pengujian Kinerja MEA pada DEFC.....	16
3.5.1 Pembuatan MEA.....	16
3.5.2 Pengujian MEA pada DEFC.....	16
3.6 Analisa Data.....	17
3.6.1 Uji Kinerja MEA pada DEFC.....	17

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Elektroda dan MEA (<i>Membrane Electrode Assembly</i>) menggunakan Metode <i>Doctor Blade</i>	18
4.2 Karakterisasi Elektroda DEFC	20
4.2.1 Pengukuran Aktivitas Katalitik menggunakan Metode CV	20
4.2.2 Pengukuran Nilai Konduktivitas menggunakan Metode EIS (<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>)	23
4.3 Pengujian Kinerja MEA	25
4.3.1 Pengukuran <i>Open Circuit Voltage</i> (OCV)	25
4.3.2 Pengujian Kinerja MEA dengan Pelarut yang Bervariasi pada Stack DEFC.....	26
4.3.3 Pengujian Kinerja MEA dengan Konsentrasi Etanol yang Bervariasi	27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28

DAFTAR PUSTAKA	29
-----------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme Fuel Cell	6
Gambar 2. Komponen penyusun DEFC	7
Gambar 3. Elektroda yang dibuat dengan Metode <i>Doctor Blade</i> pada Volume Pelarut Bervariasi	19
Gambar 4. MEA (<i>Membrane Electrode Assembly</i>)	20
Gambar 5. Kurva Voltammogram Elektroda dengan Katalis Pt/C dan Pt-Ru/C	21
Gambar 6. Kurva Nyquist EIS (<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i>).....	23
Gambar 7. I-V <i>performance</i> dan I-P <i>performance</i> MEA dengan Variasi Volume Pelarut.....	25
Gambar 8. I-V <i>performance</i> dan I-P <i>performance</i> MEA dengan Konsentrasi Etanol Bervariasi	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Variasi Volume Pelarut	15
Tabel 2. Hasil Analisis ECSA Elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C dengan Metode <i>Doctor Blade</i>	22
Tabel 3. Data Nilai Konduktivitas Elektroda.....	24
Tabel 4. Data OCV masing-masing MEA pada <i>stack</i> DEFC	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Pembuatan Katoda dan Anoda.....	34
Lampiran 2. Tabel Hasil Karakterisasi Cyclic Voltammetry (CV)	36
Lampiran 3. Data Hasil <i>Fitting</i> Kurva <i>Nyquist</i> dan Hasil Konduktivitas.....	43
Lampiran 4. Gambar Alat dan Penelitian.....	47

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi yang utama digunakan saat ini adalah energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Sumber energi fosil merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui dan memiliki jumlah yang terbatas sehingga suatu saat akan habis. Cadangan minyak bumi dan gas bumi di Indonesia sudah sangat memprihatinkan. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi kekurangan bahan bakar dalam beberapa tahun kedepan, maka diperlukan sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat (Kulsum, 2010). Pada saat ini perlu adanya energi terbarukan dengan memaksimalkan perkembangan teknologi penghasil energi alternatif yang memiliki sifat ramah lingkungan salah satu contohnya fuel cell (sel bahan bakar). Fuel cell adalah piranti yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia (Rohendi *et al.*, 2018).

Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) merupakan salah satu jenis fuel cell yang ramah lingkungan dan efisien dengan menggunakan etanol sebagai bahan bakar. DEFC memiliki keuntungan karena ketersediaan bahan baku yang melimpah di alam yang dapat memproduksi etanol melalui proses fermentasi, misalnya dari biomassa. Etanol juga relatif tidak berbahaya bagi lingkungan dan memiliki kepadatan energi yang tinggi dibandingkan dengan metanol. Namun, ada tantangan yang membatasi aplikasi DEFC dimana elektro oksidasi etanol dan kinetika elektroda yang lebih lambat.

Stack fuel cell tersusun secara sistematis untuk mendukung reaksi pada MEA. Susunan komponen pada stack fuel cell terdiri dari *end plate*, *gasket*, *current collector*, dan MEA. Salah satu komponen terpenting DEFC adalah *Membrane Electrode Assembly* (MEA), bagian ini dikatakan penting karena dapat menghasilkan energi listrik melalui reaksi elektrokimia pada fuel cell. MEA terbentuk dari membran nafion yang diapit oleh dua buah elektroda. Elektroda terdiri dari tiga lapisan yakni *Gas Diffusion Layer* (GDL), *Micro Porous Layer*

(MPL) dan lapisan katalis.

Kinerja DEFC tergantung pada berbagai parameter, seperti konsentrasi bahan bakar, suhu operasi, sisi aktif katalis dan jumlah pasokan bahan bakar. Salah satu parameter yang sangat mempengaruhi dalam pembuatan elektroda adalah sisi aktif katalis, sehingga perlu dilakukan variasi volume pelarut 2-propanol untuk mengatur kekentalan pasta katalis pada elektroda. (Goel and Basu, 2015). Penurunan kinerja pada DEFC dapat terjadi apabila sisi aktif katalis yang tidak terdistribusi secara merata pada permukaan elektroda sehingga dapat memicu terjadinya *crossover* etanol. *Crossover* terjadi apabila etanol melewati membran dari anoda ke sisi katoda sehingga terjadinya proses pembakaran dengan ditandai dengan timbulnya panas pada stack fuel cell.

Elektroda *fuel cell* merupakan salah satu penyusun DEFC yang berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi elektrokimia. Elektroda ini tersusun atas katalis yang berfungsi sebagai permukaan aktif untuk mempercepat reaksi sel. Secara umum, katalis yang digunakan dalam elektroda (baik anoda maupun katoda) *fuel cell* berupa katalis logam platina karena memiliki kemampuan melakukan absorpsi gas hidrogen lebih baik dibandingkan nikel (Sulistiyono and Handayani, 2009). Selain menggunakan katalis platina, digunakan pula logam golongan transisi lain sebagai katalis pendukung platina. Rutenium merupakan salah satu logam golongan transisi yang biasa dipadukan dengan katalis platina, katalis Pt-Ru memiliki nilai aktivitas katalitik yang tinggi dalam reaksi oksidasi etanol dan juga kemampuannya dalam menghadapi keracunan oleh karbonmonoksida. Katalis Pt-Ru merupakan katalis anoda yang menjanjikan untuk DEFC. Dalam pembuatan elektroda pada katoda memakai katalis platina dan karbon, karbon sebagai *backing* pada *fuel cell* dengan perbandingan platina 40% dan karbon 60% (Zhao et. al, 2014). Pelarut yang digunakan pada penelitian ini adalah 2-propanol, dimana 2-propanol pelarut universal pada fuel cell. Untuk pelarut yang lainnya seperti etanol maupun metanol tidak bisa di pakai dalam pembuatan pasta elektroda karna etanol maupun metanol karena mudah menguap dan mudah terbakar.

Pembuatan elektroda DEFC memiliki beberapa metode diantaranya elektrodeposisi, *casting*, *spin coating*, *spraying* dan *Doctor Blade* (Rohendi and Adnan, 2010).

Metode pembuatan elektroda yang digunakan dalam fuel cell pada penelitian ini adalah metode *Doctor Blade*. Dibandingkan dengan metode yang lain, metode *Doctor Blade* dipilih karena mudah penggunaannya dan ketebalan lapisan dapat dikontrol (Yunitasari *et al.*, 2015). Pada pembuatan DEFC dengan metode *Doctor Blade*, pengaruh volume pelarut 2-propanol pada pasta katalis yang digunakan dapat mempengaruhi distribusi katalis pada lapisan permukaan GDL. Distribusi katalis memiliki peran penting dalam menentukan kinerja pertukaran proton pada membran fuel cell yang akan diketahui pada saat diuji menggunakan CV dari hasil nilai ECSA (Omran and Shabani, 2017). Oleh sebab itu, metode *Doctor Blade* ini akan digunakan sebagai metode pembuatan elektroda DEFC pada penelitian ini. Katalis yang digunakan dalam penelitian ini berupa Pt/C pada sisi katoda dan Pt-Ru/C pada sisi anoda. Tekstur pasta katalis akan berbeda apabila volume pelarut 2-propanolnya divariasikan. Jika volume pelarut 2-propanol kecil maka kekentalannya tinggi, pasta yang kekentalannya tinggi akan mengalami *cracking* atau retak pada elektroda. volume pelarut 2-propanol besar maka pasta nya terlalu encer, pasta yang terlalu encer akan susah di buat dengan metode *Doctor Blade*. Pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui seberapa besar pengaruh volume pelarut pada pembuatan elektroda terhadap kinerja DEFC yang dibuat dengan metode *Doctor Blade*. Selain itu, pengaruh konsentrasi bahan bakar yang digunakan juga mempengaruhi kinerja DEFC sehingga akan dilakukan pengujian dengan memvariasikan konsentrasi etanol.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh volume pelarut 2-propanol aktivitas katalitik berdasarkan nilai ECSA dan konduktivitas elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C yang dibuat pada metode *Doctor Blade*?

2. Bagaimana pengaruh volume pelarut 2-propanol terhadap kinerja MEA pada DEFC sel tunggal?
3. Bagaimana pengaruh kinerja MEA pada DEFC sel tunggal dengan menggunakan konsentrasi etanol yang divariasikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah :

1. Menentukan nilai ECSA dan konduktivitas elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C yang dibuat menggunakan metode *Doctor Blade* dengan berbagai variasi volume pelarut 2-propanol
2. Mengetahui pengaruh volume pelarut 2-propanol terhadap kinerja MEA pada DEFC sel tunggal?
3. Uji kinerja MEA dengan menentukan konsentrasi optimum etanol yang digunakan pada DEFC sel tunggal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan tentang seberapa besar pengaruh volume pelarut 2-propanol dalam pembuatan elektroda yang dibuat dengan metode *Doctor Blade* terhadap kinerja MEA pada DEFC.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., Kamarudin, S. K., Daud, W. R. W., & Majlan, E. H. 2011. Passive direct methanol fuel cells for portable electronic devices. *Applied Energy*, 88(5), 1681–1689.
- Alzate, V., Fatih, K., & Wang, H. 2011. Effect of operating parameters and anode diffusion layer on the direct ethanol fuel cell performance. *Journal of Power Sources*, 196(24), 10625–10631.
- Assumpção, M. H. M. T., Nandenha, J., Buzzo, G. S., Silva, J. C. M., Spinacé, E. V., Neto, A. O., & 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.
- Berni, A., Mennig, M., & Schmidt, H. 2004. *Doctor Blade*. New York.
- Brightman, E., Hinds, G., & O'Malley, R. 2013. In situ measurement of active catalyst surface area in fuel cell stacks. *Journal of Power Sources*, 242, 244–254.
- Chang, J., Feng, L., Jiang, K., Xue, H., Cai, W. Bin, Liu, C., & Xing, W. 2016. 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., & Wang, R. 2009. Solvent effects on Pt-Ru/C catalyst for methanol electro-oxidation. *Journal of Natural Gas Chemistry*, 18(3), 341–345.
- Choudhary, A. K., & Pramanik, H. 2019. Synthesis of low-cost HNO₃-functionalized acetylene black carbon supported Pt-Ru/CAB nano electrocatalysts for the application in direct ethanol fuel cell (DEFC). *Korean Journal of Chemical Engineering*, 36(10), 1688–1707.
- Deshpande, S. S., Khopkar, S. S., & Shankarling, G. S. 2017. A thiazoloquinoxaline

- based “turn-on” chemodosimeter for detection of copper ions. *Dyes and Pigments*, 147, 393–399.
- Destroyini, F., Suhandi, A., Subhan, A., & Indayaningsih, N. 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Jurnal Fisika*, 10(242), 122–132.
- El-Kharouf, A., Rees, N. V., & Steinberger-Wilckens, R. 2014. Gas Diffusion Layer Materials and their Effect on Polymer Electrolyte Fuel Cell Performance - Ex Situ and in Situ Characterization. *Fuel Cells*, 14(5), 735–741.
- Elgrishi, N., Rountree, K. J., McCarthy, B. D., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T., & Dempsey, J. L. 2018. A Practical Beginner’s Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 197–206.
- Goel, J., & Basu, S. 2015. Mathematical modeling and experimental validation of direct ethanol fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(41), 14405–14415.
- Irwan, F., & Afdal, A. 2016. Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik Dengan Total Dissolved Solid (TDS) Dan Temperatur Pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 85–93.
- James, D. D., & Pickup, P. G. 2010. Effects of crossover on product yields measured for direct ethanol fuel cells. *Electrochimica Acta*, 55(11), 3824–3829.
- Kang, S., Bae, G., Kim, S. K., Jung, D. H., Shul, Y. G., & Peck, D. H. 2018. Performance of a MEA using patterned membrane with a directly coated electrode by the bar-coating method in a direct methanol fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(24), 11386–11396.
- Karim, N. A., & Kamarudin, S. K. 2012. An overview on non-platinum cathode catalysts for direct methanol fuel cell. *APPLIED ENERGY*.
- Kulsum. 2010. *Analisa Pengembangan dan Dampak Industri Bioetanol di Jawa Timur dengan Metode Input Output*. Universitas Indonesia.
- Larminie, J. 2013. *Fuel Cell Systems Explained*. New York.

- Li, Y. S., & Zhao, T. S. 2016. A passive anion-exchange membrane direct ethanol fuel cell stack and its applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(44), 20336–20342.
- Luna, J., Usai, E., Husar, A., & Serra, M. 2016. Observation of the Electrochemically active Surface Area in a Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, Ccl, 5483–5488.
- Majlan, E. H., Rohendi, D., Daud, W. R. W., Husaini, T., & Haque, M. A. 2018. Electrode for proton exchange membrane fuel cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89(June 2017), 117–134.
- Mallick, R. K., Thombre, S. B., Motghare, R. V., & Chillawar, R. R. 2016. Analysis of the clamping effects on the passive direct methanol fuel cell performance using electrochemical impedance spectroscopy. *Electrochimica Acta*, 215, 150–161.
- Mohan, S., & Shrestha, S. O. B. 2009. *Experimental Investigation of a Passive Direct Methanol Fuel Cell*. 2, 124–128.
- Mohite, B., Burungale, S., Mane, S., & Patil, P. 2000. Solvent extraction separation of barium (II) from associated elements using 15-crown-5 from picrate medium. *Indian Journal of Chemistry*, 39(May), 554–556.
- Ngo, T. T., Yu, T. L., & Lin, H. L. 2013. Influence of the composition of isopropyl alcohol/water mixture solvents in catalyst ink solutions on proton exchange membrane fuel cell performance. *Journal of Power Sources*, 225, 293–303.
- Oktaufik, M. A. M. 2009. Membangun Strategi Pengembangan Fuel Cell Di Indonesia : Tinjauan Ringkas. *Jurnal Ilmu Teknik Energi*, 1(No 9), 15–21.
- Omrani, R., & Shabani, B. 2017. Gas diffusion layer modifications and treatments for improving the performance of proton exchange membrane fuel cells and electrolysers : A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1–22.
- Ong, B. C., Kamarudin, S. K., Masdar, M. S., & Hasran, U. A. 2017. Applications of graphene nano-sheets as anode diffusion layers in passive direct methanol
- Universitas Sriwijaya

- fuel cells (DMFC). *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(14), 9252–9261.
- Pandiangan, K. D., & Simanjuntak, W. 2013. Sintesis Katalis Heterogen MgO-SiO₂ Sekam Padi dengan Metode SOL-GEL dan Aplikasinya Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa. *Seminar Nasional Sains and Teknologi, 2012*(August), 32.
- Rahman, A. 2018. Pengaruh Kadar Clay dalam Sulfonasi Polieter-Eter Ketone (sPEEK) terhadap Permeabilitas Methanol melalui Membran Direct Methanol Fuel Cell Effect of Clay Content in Sulfonated Poly-Ether – Ether Ketone (sPEEK) on Methanol Permeability via Direct Metha. 15(1), 9–15.
- Rohendi, D., & Adnan, Y. 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. 13(2), 27–32.
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Daud, W. R. W., Kadhum, A. A. H., & Shyuan, L. K. 2015. Effects of temperature and backpressure on the performance degradation of MEA in PEMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(34), 10960–10968.
- Rohendi, Dedi, 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. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 1(3), 61–66.
- Rohendi, Dedi, Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Wan Daud, W. R., Hassan Kadhum, A. A., & Shyuan, L. K. 2013. Characterization of electrodes and performance tests on MEAs with varying platinum content and under various operational conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(22), 9431–9437.
- Rohendi, Dedi, Rachmat, A., & Syarif, N. 2018. Fabrication and Characterization of Pt-Co/C Catalyst for Fuel Cell Electrode. *Journal of Physics: Conference* Universitas Sriwijaya

Series, 1095(1).

- Safitri, I. A., Rudyanto, 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).*
- Sari, W. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Zeolite-Glassy Carbon dan Aplikasinya sebagai Zeolite Modified Electrode (ZME) untuk Indikator Asam Askorbat.* 20(29): 15-23.
- Sulistiyono, E., & Handayani, M. 2009. *Uji Distribusi Katalis Platina Pada Komposit Poly(3,4 Ethylene Dioxythiophene) / Poly(Styrene - 4 - Sulfonate)Untuk Katalis Fuel Cell.* 271–277.
- Sung, B. S., & Yun, Y. H. 2016. Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) Assembled with Ceramic Membrane-Catalyst. *International Journal of Energy and Power Engineering, 5(6), 209–214.*
- Togar, Y. M. 2012. Preparasi Katalis Praseodimium Oksida/Zeolit Klipnotilolit Aktif Untuk Meningkatkan Bilangan Oktana pada Gasolin. *Skripsi.*
- Utami, M. 2018. *Pembuatan Elektroda dengan Katalis Pt-Co/C Menggunakan Metode Catalyst Coated Membrane (CCM) dan Karakterisasi Serta Uji Kinerja Membrane Electrode Assembly (DMFC).*
- Wang, M., Park, J. H., Kabir, S., Neyerlin, K. C., Kariuki, N. N., Lv, H., Stamenkovic, V. R., Myers, D. J., Ulsh, M., & Mauger, S. A. 2019. Impact of Catalyst Ink Dispersing Methodology on Fuel Cell Performance Using in-Situ X-ray Scattering. *ACS Applied Energy Materials, 2(9), 6417–6427.*
- Wesselmark, M. 2010. *Electrochemical Reactions in Polymer Electrolyte Fuel Cells.*
- Ye, Q., & Zhao, T. S. 2005. *Abrupt Decline in the Open-Circuit Voltage of Direct Methanol Fuel Cells at Critical Oxygen Feed Rate.* 152(11), 2238–2245.
- Yunitasari, I., Aminin, A., & Anam, K. 2015. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi, 19(3), 111–117.*
- Zakaria, Z., Kamarudin, S. K., & Timmiati, S. N. 2016. Membranes for direct
Universitas Sriwijaya

ethanol fuel cells: An overview. *Applied Energy*, 163, 334–342.

Zhao, Y., Fan, L., Ren, J., & 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.