

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA Pt-Ru/C DENGAN
METODE IMPREGNASI DAN UJI KINERJA ELEKTRODA PADA
*DIRECT METHANOL FUEL CELL (DMFC)***

SKRIPSI

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



Oleh :

WILLY SAPUTRA

08121003011

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA Pt-Ru/C
DENGAN METODE IMPREGNASI DAN UJI KINERJA
ELEKTRODA PADA *DIRECT METHANOL FUEL CELL*
(DMFC)**

SKRIPSI

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

Oleh

WILLY SAPUTRA
08121003011

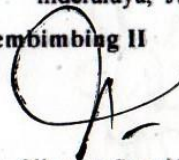
Inderalaya, Juli 2017

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



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

HALAMAN PENGESAHAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Uji Kinerja Elektroda pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC)" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dalam Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 15 Juni 2017 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, Juli 2017

Ketua:

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

Penguji :

1. Dr. Nirwan Syarif, M.Si
NIP.197010011999031003
2. Dr. rer.nat. Risfidian Mohadi, M. Si
NIP.197711272005011003
3. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si
NIP.196808271994022001
4. Fahma Riyanti, M.Si
NIP.197202052000032001

Mengetahui,

Wakil FMIPA

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

Ketua Jurusan

Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196606251989031006

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Willy Saputra
NIM : 08121003011
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 keserjanaan 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, Juli 2017

Penulis,



Willy Saputra

NIM. 08121003011

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini

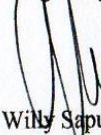
Nama Mahasiswa : Willy Saputra
NIM : 08121003011
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

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: "**Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Uji Kinerja Elektroda pada *Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)***". 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 penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Juli 2016

Yang menyatakan,



Willy Saputra

NIM. 08121003011

“Man Shabara Zafira : Barangsiapa yang bersabar, maka akan beruntung”

“Hidup harus lebih dari sekedar hidup!”

“Ridho orang tua adalah ridho ALLAH, maka keberhasilan seorang anak, tak lain berkat ridho dari orang tua yang menyebabkan ridho ALLAH ikut turun”

Skripsi ini ku persembahkan kepada :

- ❖ Kedua orang tuaku yang membesarkanku dan memberiku kasih sayang, serta senantiasa mendoakanku di setiap sujudnya*
- ❖ Ayuk dan adikku, serta saudara-saudaraku yang selalu mendukungku*
- ❖ Sahabat-sahabatku yang telah mengajarkan banyak hal di perantauan ini*
- ❖ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim....

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas semua petunjuk, rahmat, ridho dan karuniaNya jualah penulisan skripsi ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Penulisan skripsi ini mengambil judul ***“Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Uji Kinerja Elektroda pada Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)”***.

Penulis menyadari tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan bapak **Dr. Nirwan Syarif, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. rer.nat. Risfidian Mohadi, M.Si, ibu Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan ibu Fahma Riyanti, M.Si yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku ketua jurusan Kimia (TERBAIK!!), seluruh dosen dan staff (Mbak Novi dan Kak Roni) serta Analis Kimia FMIPA UNSRI (yuk nur, yuk yanti, yuk novi dan yuk yuniar).
4. Mak yung, Om pon, A' Gita, bang Reza dan A' iin yang juga ikut andil dalam mengisi dan menceriakan kehidupan diperantauan ini, serta keponakanku Darel Alvaro yang imut dan selalu memberi keceriaan .
5. Special *thanks* untuk *my best brother from another mom!!* Mr. Adi Saputra, S.Si. Arigatou ghozaemasu!!!, dan juga *my best cousin from another mom!* Miss. Likes Dwitus Syarif, S.Si”.
6. Sahabat “Team Vulcan” dan “Team Tembesu” yang sudah seperti keluarga dalam melalui masa skripsi bersama. semoga kita tetap kompak. Sukses!

7. Sahabat-sahabat terbaik *untitled* (Dede, Ayi, Apis), Himaki's Squad 2014/2015!!!, the kun penakluk dempo (Nizar, Amin, Rizqi, Ridho, Heru, Kiki), gebleg (Muryati, Riyanti, Yeka, Oka), *Ranger* (Zultriana, Velda, Heru), Sisa semalam (Nizar, Amin, Roy, Nardo, Kiki, Mbak Gina, Bayu, Ichi, Santi, Barisah, Ida, Yeka, Ovhe, Oka) yang menemani hari-hari selama pendidikanku, waktu luangku, serta menjadi sahabat keluh kesahku. *I'll never forget all of you guys!*
8. Keluarga Miki 2012 (mikilta : Mipa Kimia milik kita)!! dan adik-adik kimia 2013, 2014, 2015, 2016 dst.
9. adik-adik CT terbaik (Ana, Meliza, Khairah, Bibah, Ardi, Ravi, Juanda) yang cepat dan tanggap*cling,
10. Adik-adik asrama pahlawan akhir semester (Robi, Rando, Hanadi)
11. Volunteer Jumat Sedekah Indonesia chapt.inalaya (bang Joy, kak Arys, Bembi, Yasir, Masri, Eko, Danang, Febri, Feri, Andrika, Edo, mbak Ovin, Dwi, Oka, Yeka, Barisah, Vinda, Yenni, Fifi, Dea, Umi, Ayu, Merlin, dll) tebar kebermanfaatan selalu, dimanapun kita berada.
12. Kamu, yang masih dirahasiakan-Nya.
13. Semua yang telah mendukung dan mendoakanku yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas hal baik yang telah kalian berikan dengan kebaikan. Aamiin.

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

Inderalaya, Juli 2017

Penulis

SUMMARY

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF ELECTRODES Pt-Ru/C BY USING IMPREGNATION METHODE AND ITS APPLICATION DIRECTLY IN DIRECT METHANOL FUEL CELL (DMFC)

Willy Saputra; supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Nirwan Syarif, M.Si

x + 56 pages, 11 tables, 12 figures, 6 attachments

Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Uji Kinerja Elektroda pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC)

Fabrication and characterization of electrodes Pt-Ru/C and its application directly in direct methanol fuel cell (DMFC) has been done. The electrodes are made by using a mixture of Platinum and ruthenium catalyst that is distributed to gas diffusion layer (GDL) using the method of impregnation. Mix catalyst contains a variation of the percentage of 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% Pt's loading against Ru with total of 2.5 mg/cm². The electrodes are characterized using XRD, cyclic voltammetry (CV) and electrical conductivity. XRD analysis results showed carbon at position $2\theta = 20-30^\circ$, Peak of Platinum is at position $2\theta = 24.7-25.0^\circ$ and $46-47^\circ$. XRD analysis to GDL with Catalyst mixture of Platinum and ruthenium, the peak of Platinum slightly widened due to the presence of the distribution of Ru. The addition of Ru combined with Pt causes a reduction in the intensity of Pt. Voltammogram Curves resulting from Cyclic Voltammetry test (CV) indicates the presence of the reversible reaction, shown with the formation of the anodic peak (upper curve) and cathodic peak (bottom curve). This shows that there has been a redox reaction in the process of fusion between Pt and Ru. The catalytic activity of the electrode data calculated from the results of CV by using the Electrochemical Surface Area (ECSA) method. The highest catalytic activity at 20% of Pt electrode 2.36E-04 cm²/g and the lowest at 80% of Pt electrode 4.42E-05 cm²/gr. in electrical conductivity test using a digital multimeter with auto DC power supply as well as digital, obtained the highest value at 0% of Pt 0.001067 S.cm⁻¹ and the lowest value at 20% of Pt 0.000827 S.cm⁻¹. Applications made on stack DMFC with 5% methanol fuel and obtained data OCV (open circuit voltage) as well as the value of the current and voltage when given the resistor varies. The highest value of the OCV on 40% of Pt of 387 mV and the lowest at 0% Pt of 11 mV. On granting a resistor, a straight comparison between the values obtained by administering the resistor with voltage produced. The greater the resistor given the value of the voltage will progressively decrease.

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

Citations : 74 (1954-2016)

RINGKASAN

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA Pt-Ru/C DENGAN METODE IMPREGNASI DAN UJI KINERJA ELEKTRODA PADA *DIRECT METHANOL FUEL CELL* (DMFC)

Willy Saputra; dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si

x + 56 halaman, 11 tabel, 12 gambar, 6 lampiran

Fabrication And Characterization of Electrodes Pt-Ru/C by Using Impregnation Methode and Its Application Directly in *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC)

Pembuatan dan karakterisasi elektroda Pt-Ru/C serta aplikasinya secara langsung pada *direct methanol fuel cell* (DMFC) telah dilakukan. Elektroda dibuat dengan menggunakan campuran katalis platina dan ruthenium yang didistribusikan ke *gas diffusion layer* (GDL) menggunakan metode impregnasi. Campuran katalis mengandung variasi persentase sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% Pt terhadap Ru dengan *loading total* sebesar 2,5 mg/cm². Elektroda dikarakterisasi menggunakan XRD, *cyclic voltammetry* (CV) dan konduktivitas elektrik. Hasil analisa XRD menunjukkan puncak karbon pada posisi $2\theta = 20-30^\circ$, puncak platina terdapat pada posisi $2\theta = 39.8-40.2^\circ$ dan $46-47^\circ$. Pada analisa XRD untuk GDL dengan katalis campuran platina dan ruthenium, puncak dari platina sedikit melebar dikarenakan adanya distribusi Ru didalamnya. Penambahan Ru yang dipadukan dengan Pt menyebabkan pengurangan intensitas dari Pt. Kurva voltammogram yang dihasilkan dari pengujian *Cyclic Voltammetry* (CV) menunjukkan adanya reaksi reversibel, yang ditunjukkan dengan terbentuknya puncak anodik (kurva atas) dan puncak katodik (kurva bawah). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi redoks pada proses perpaduan antara Pt dan Ru. Aktivitas katalitik dari elektroda dihitung dari data hasil CV menggunakan metode *Electrochemical Surface Area* (ECSA). Aktivitas katalitik tertinggi didapat dari elektroda 20% Pt sebesar 2,36E-04 cm²/g dan yang terendah pada elektroda 80% Pt sebesar 4,42E-05 cm²/g. Pada uji konduktivitas elektrik menggunakan multimeter digital dengan fungsi auto serta catu daya DC digital, didapatkan nilai tertinggi pada 0% Pt sebesar 0,001067 S.cm⁻¹ dan nilai terendah pada 20% Pt sebesar 0,000827 S.cm⁻¹. Aplikasi dilakukan pada *stack* DMFC dengan bahan bakar metanol 5% dan didapatkan data OCV (*open circuit voltage*) serta nilai arus dan tegangan ketika diberikan beban bervariasi. Nilai OCV tertinggi pada 40% Pt sebesar 387 mV dan terendah pada 0% Pt sebesar 11 mV. Pada pemberian beban, didapatkan nilai perbandingan lurus antara pemberian beban dengan tegangan yang dihasilkan. Semakin besar beban yang diberikan maka nilai dari tegangan semakin menurun.

Kata kunci : *direct methanol fuel cell, cathalyst, impregnasi, platinum, ruthenium.*

Kepustakaan : 74 (1954-2016)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vii
<i>SUMMARY</i>	ix
RINGKASAN.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Fuel Cell</i>	5
2.1.1 Prinsip Kerja dan Jenis-jenis <i>Fuel Cell</i>	5
2.1.2 <i>Direct Methanol Fuel Cell</i>	7
2.2 <i>Membrane Electrode Assembly</i>	8
2.3 <i>Gas Diffusion Layer</i>	8
2.4 Elektroda.....	9
2.4.1 Elektroda <i>Fuel Cell</i> dan Strukturnya	10
2.4.2 Elektroda DMFC.....	10

2.5 Katalis	10
2.5.1 Logam Platina (Pt)	11
2.5.2 Logam Ruthenium (Ru).....	11
2.6 Metode Pembuatan Elektroda.....	12
2.6.1 Elektrodeposisi.....	12
2.6.2 Impregnasi.....	13
2.7 Karakterisasi Katalis.....	13
2.7.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	14
2.7.2 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	15
2.7.3 Konduktivitas Elektrik.....	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.3.1 Pembuatan Katalis Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Reduksi	18
3.3.2 Pembuatan Elektroda Pt/C dan Pt-Ru/C.....	19
3.3.3 Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C.....	20
3.3.3.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan XRD Rigaku Miniflex 600	20
3.3.3.2 Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda	20
3.3.3.3 Pengukuran Konduktivitas Elektrik.....	21
3.3.4 Pembuatan dan Pengujian Prestasi MEA pada DMFC.....	21
3.3.4.1 Pembuatan MEA (Membrane Electrode Assembly)..	21
3.3.4.2 Pengujian MEA pada DMFC.....	21
3.4 Analisis Data.....	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Elektroda DMFC dengan Katalis Pt/C dari Metode Penyemprotan (Spraying).....	23
4.2 Elektroda DMFC dengan Katalis Pt-Ru/C dari Metode	

Penyemprotan (Spraying).....	24
4.3 Karakterisasi Elektroda	24
4.3.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan XRD.....	24
4.3.2 Sifat Elektrokimia Elektroda Pt-Ru/C.....	26
4.3.3 Konduktivitas Elektrik Elektroda Pt-Ru/C.....	28
4.4 Aplikasi DMFC.....	30
4.4.1 Pengukuran Open Circuit Voltage (OCV)	30
4.4.2 Pengujian Kinerja MEA pada Beban Bervariasi.....	32
4.5 Power Density (Densitas Daya).....	34

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38

DAFTAR PUSTAKA	39
----------------------	----

LAMPIRAN.....	43
---------------	----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Fuel Cell	6
Gambar 2. Komponen Penyusun DMFC.....	8
Gambar 3. Pola Spektrum XRD untuk Pt/C, Pt-Ru/C dan Pt/C-Mn _x O _{1+x}	14
Gambar 4. a) <i>Backing Layer</i> dan b) Elektroda yang dihasilkan.....	23
Gambar 5. Pola Spektrum XRD Metode Impregnasi (a) Elektroda Pt/C, (b) Elektroda Pt-Ru/C, (c) Elektroda Ru/C.....	25
Gambar 6. Keseluruhan nilai CV Pt-Ru/C dalam Satu Diagram.....	27
Gambar 7. Grafik Nilai Konduktivitas Elektrik Elektroda Pt-Ru/C terhadap Persentase Komposisi Pt:Ru dari Metode Impregnasi.....	30
Gambar 8. Grafik Nilai OCV Elektroda Pt-Ru/C dengan Variasi Komposisi...31	
Gambar 9. Kinerja (I-V) pada pembebanan dari MEA dengan elektroda Pt-Ru/C (a)0%, (b)20%, (c)40%, (d)60%, (e)80% dan (f)100%...34	
Gambar 10. Grafik keterkaitan arus dan tegangan terhadap densitas daya Pada aplikasi DMFC elektroda Pt-Ru/C dengan komposisi (a)0%, (b)20%, (c)40%, (d)60%, (e)80% dan (f)100%.....	36
Gambar 11. Grafik densitas daya gabungan dari produk elektroda DMFC dengan kandungan katalis Pt-Ru/C bervariasi.....	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perhitungan loading katalis Pt-Ru/C	19
Tabel 2. Data analisis konduktivitas Pt:Ru dalam Pt-Ru/C.....	22
Tabel 3. Hasil penimbangan kandungan GDL sebelum dan setelah Impregnasi.....	24
Tabel 4. Hasil analisis ECSA pada elektroda Pt-Ru/C dengan metode Impregnasi.....	28
Tabel 5. Hasil pengukuran nilai konduktivitas elektrik elektroda Pt-Ru/C dari metode impregnasi pada variasi persentase komposisi Pt:Ru.....	29
Tabel 6. Nilai OCV pada elektroda Pt-Ru/C.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja	44
Lampiran 2. Perhitungan loading katalis.....	45
Lampiran 3. Voltammogram Elektroda Pt-Ru/C	48
Lampiran 4. Perhitungan nilai ECSA elektroda Pt-Ru/C.....	51
Lampiran 5. Perhitungan nilai konduktivitas elektroda Pt-Ru/C.....	54
Lampiran 6. Gambar alat dan penelitian.....	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakang

Energi merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari manusia. Salah satu yang berperan penting sebagai sumber energi di dunia ini adalah minyak bumi yang biasa digunakan sebagai bahan bakar. Namun, kendala yang ditimbulkan oleh energi minyak adalah dapat mengakibatkan proses ekologi yang tidak menguntungkan lingkungan, dan oleh sebab itu perlu dikembangkannya pemanfaatan energi yang lain (Suhada, 2001). Salah satu bentuk teknologi penghasil energi alternatif yang ramah lingkungan adalah *Fuel cell* (sel bahan bakar). *Fuel cell* adalah perangkat elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia dalam bahan bakar (umumnya menggunakan hidrogen, atau bahan bakar yang kaya hidrogen) dan oksigen menjadi listrik dan panas (Rohendi, 2010).

Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) merupakan bagian dari teknologi *Fuel Cell* yang dikembangkan menggunakan metanol sebagai sumber bahan bakarnya. Teknologi ini dinilai cukup menjanjikan karena metanol yang digunakan tidak perlu mengalami reformasi menjadi gas hidrogen terlebih dahulu, tetapi dapat dioksidasi secara langsung di dalam sel (Rahim dkk., 2007). *Direct methanol fuel cell* (DMFC) dapat dimanfaatkan untuk transportasi, alat-alat elektronik dan sumber energi perumahan, karena didukung dengan densitas energinya yang tinggi, operasi yang dapat dilakukan pada suhu rendah, memiliki emisi polutan yang rendah, dan minim masalah korosi. Namun, penggunaan DMFC masih terhalang oleh beberapa faktor, termasuk rendahnya aktivitas elektroda untuk reaksi reduksi oksigen dan oksidasi metanol serta penggunaan elektrokatalis platina yang memiliki beberapa kekurangan (Zhao *et al.*, 2013). Elektroda merupakan tempat terjadinya reaksi katalitik perubahan bahan bakar menjadi air dan energi listrik (Rohendi, 2010). Elektroda DMFC terdiri atas suatu anoda dan katoda. Adapun elektroda tersebut tersusun dari berbagai komponen yang menunjang kinerjanya dalam menghasilkan energi. Struktur dari elektroda

DMFC adalah *backing layer* yang merupakan suatu lapisan terbuat dari material yang dapat menghantarkan elektron yang meninggalkan anoda dan masuk menuju katoda. Selanjutnya *micro porous layer*, bagian penyusun elektroda *fuel cell* yang dapat meminimalisir hambatan kontak antara lapisan GDL dan katalis serta penyusun elektroda *fuel cell* terakhir yaitu lapisan katalis (*catalyst layer*) yang berfungsi sebagai permukaan aktif untuk mempercepat reaksi kinerja sel. Lapisan katalis yang biasa digunakan pada DMFC berupa katalis platina. Meskipun platina dikatakan sebagai logam paling efektif untuk digunakan sebagai elektro-katalisator dalam proses oksidasi dan reduksi pada DMFC (Karim *dkk.*, 2012), platina merupakan logam yang relatif mahal, dan rentan diracuni oleh CO yang terbentuk pada reaksi oksidasi metanol. Logam platina memang telah digunakan sebagai katalis pada berbagai proses kimia, dan platina digunakan sebagai katalis pada reaksi oksidasi metanol (Hable & Wrighton, 1990).

Katalis platina dalam *fuel cell* umumnya terdistribusi dalam substrat karbon hitam yang konduktif dalam bentuk Pt/C. Katalis hitam platina secara umum digunakan karena membentuk lapisan katalis katoda yang tipis dan memiliki interaksi yang baik terhadap metanol (Wang *et al.*, 2010). Namun, mahalanya platina dan sifatnya yang mudah teracuni karbon monoksida menjadi dasar untuk mengembangkan penggunaan katalis tersebut dengan meminimalisir kekurangan yang dapat ditimbulkan. Karbon monoksida dihasilkan sebagai hasil samping dari oksidasi metanol karena memerlukan energi yang lebih sedikit di dalam pembentukannya dibandingkan dengan pembentukan karbon dioksida. Karbon monoksida yang dihasilkan dari metanol menurunkan aktivitas katalitik dari Pt, menutupi bagian permukaan dari Pt, hal ini menurunkan sisi aktifnya sebagai katalis dalam reaksi oksidasi metanol (Ahn *et al.*, 2011). Suatu teknik yang dapat dilakukan untuk menanggulangi hal tersebut adalah dengan menurunkan kadar kandungan platina di dalam katalis namun dengan upaya tetap menjaga atau bahkan meningkatkan nilai aktivitas dari katalis itu sendiri. Hal ini dapat dilakukan dengan penambahan logam transisi pada katalis platina yang terbentuk.

Platina dapat dipadukan dengan spesies logam lain, seperti Au, Co, Cu, Fe, Mo, Ni, Sn, W, Os, Rh, Pd dan Bi (Cheng *et al.*, 2005) serta Ru. Selama dua dekade terakhir telah banyak dilakukan penelitian mengenai beragam katalis berbasis platina, dan katalis Pt-Ru telah menunjukkan nilai aktivitas katalitik yang tinggi dalam reaksi oksidasi metanol dan juga kemampuannya dalam menghadapi keracunan oleh karbon monoksida (Zhao *et al.*, 2013). Hal ini tentunya dapat menekan kelemahan platina yang rentan teracuni. Penambahan logam Ru pada platina akan menjadikannya katalis dalam bentuk Pt-Ru/C. Diharapkan dengan adanya penambahan logam ruthenium tersebut dapat mengurangi penggunaan platina yang diperlukan, namun tetap mempertahankan atau bahkan meningkatkan kinerja dan stabilitas dari katalis.

Preparasi paduan katalis platina dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satu metode yang cukup baik untuk digunakan adalah metode impregnasi yang dilakukan dengan cara menempelkan komponen senyawa aktif pada suatu bahan penyanggaberpori sehingga komponen senyawa aktif tersebut dapat terdispersi secara merata ke seluruh permukaan pori-pori dari bahan penyangga (Widiyarti, 2010). Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan perpaduan antara katalis platina dengan logam ruthenium menggunakan metode impregnasi dan variasi perbandingan kadar Pt dan Ru yang berbeda, serta dilakukan karakterisasi dan uji prestasi elektroda dalam DMFC pada berbagai kondisi operasi. Diharapkan didapatkannya data nilai uji elektroda terbaik yang secara langsung dapat mengurangi kekurangan dari penggunaan platina yang relatif mahal dan mudah teracuni (Rohendi, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Platina merupakan logam yang paling efektif digunakan sebagai elektrokatalisator dalam proses oksidasi dan reduksi pada *direct methanol fuel cell* (DMFC) (Karim *dkk.*, 2012). Namun, kekurangan yang dimiliki platina antara lain harganya yang mahal dan kecenderungan mudah teracuni oleh karbon monoksida mendasari perlu dilakukannya pengembangan terhadap paduan katalis platina. Logam Ruthenium merupakan salah satu katalis pendukung yang dapat dipadukan dengan platina. Katalis Pt-Ru merupakan katalis anoda yang

menjanjikan untuk *direct methanol fuel cells* (DMFC) (Basri *et al.*, 2014). Dibandingkan paduan katalis Pt dengan logam lain, paduan katalis Pt-Ru telah menunjukkan nilai aktivitas katalitik yang tinggi dalam reaksi oksidasi metanol dan juga kemampuannya dalam menghadapi keracunan oleh karbon monoksida (Zhao *et al.*, 2013). Perpaduan ini dapat mengurangi kandungan platina yang digunakan sehingga dapat pula mengurangi kelemahan yang ditimbulkannya. Pembuatan elektroda dilakukan menggunakan metode impregnasi pada berbagai perbandingan Pt dan Ru dengan *loading total* yang sudah ditentukan, sehingga diketahui perbandingan nilai uji kinerja yang ditunjukkan melalui aplikasinya pada DMFC.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan nilai uji aktivitas elektroda (Pt-Ru/C) *direct methanol fuel cell* (DMFC) yang memiliki *loading total* 2,5 mg/cm² dengan berbagai perbandingan Pt:Ru.
2. Melakukan karakterisasi elektroda Pt-Ru/C yang meliputi analisis kandungan logam dan kristalinitas dengan XRD, pengukuran kinerja elektrokimia elektroda dengan menggunakan *cyclic voltammetry* (CV), serta pengukuran konduktivitas elektrik.
3. Melakukan uji kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dari elektroda Pt-Ru/C yang dibuat pada DMFC dengan metode OCV (open circuit voltage) dan pemberian beban (resistor).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu membentuk elektroda Pt-Ru/C dan mendapatkan data prestasi elektroda pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). Elektroda yang dibuat diharapkan dapat mengurangi kandungan dan kelemahan dari katalis platina.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yuni, Q & Murwani, I.K. 2012. Impregnasi dan Karakterisasi Struktur Padatan Co_3O_4 pada Pendukung CaF_2 . *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 : 2301-928X.
- Ahn, S.H., Choi, I., Kwon, O.J., Kim, J.J. 2011. One-step co-electrodeposition of Pt-Ru electrocatalysts on carbon paper for direct methanol fuel cell. *Chemical Engineering Journal*, 181-182 : 276-280.
- Alessandro, H.A., Videla, M., Osmieri, L., Esfahani, R.A.M., Zeng, J., Francia, C., and Specchia, S. 2015. The Use of C-MnO₂ as Hybrid Precursor Support for a Pt/C-Mn_xO_{1+x} Catalyst with Enhanced Activity for the Methanol Oxidation Reaction (MOR). *Catalysts*, 5 : 1399-1416.
- Anggraeni, N. 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ni/C dengan Metode Elektrodeposisi dan Impregnasi. *Skripsi*.
- 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. *Scientific World Journal* : 1-8.
- Bogolowski, N., Drillet, J.F. 2012. MEA fabrication and characterization for portable DMFC applications. *Chemical Technology*, 1 : 1.
- Arifianto, M. F. T & Rosyidah, A. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Aurivillius Lapis Dua $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dan Aurivillius Lapis Dua $\text{BaBi}_2\text{NbTaO}_9$ dengan Metode *Solid State*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 (1) : 2301-928X.
- Cahyady, B. 2009. Studi Tentang Kesensitifan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Teknik Vapour Hydride Generation Accesories (VHGA) Dibandingkan dengan SSA Nyala pada Analisa Unsur Arsen (As) yang Terdapat dalam Air Minum. *Tesis sekolah pascasarjana universitas sumatera utara*.
- Cheng, X., Peng, C., You, M., Liu, L., Zhang, Y., Fan, Q. 2005. Characterization of Catalysts and Membrane in DMFC Lifetime Testing. *Electrochimica Acta* 51 : 4620-4625.
- Cochrane, J. 1954. The Platinum-Group Metals. *J Chem Educ*, 31 (8) : 407 - 409.
- Cooper, Dr. Kevin R. 2009. In Situ Pem Fuel Cell Electrochemical Surface Area and Catalyst Utilization Measurement. *Fuel cell magazine* : 1-3.

- Debe, M.K. 2001. Membrane Electrode Assemblies. *United States Patent*. US6,183,668 BI : 1-3.
- Destyorini, F., Suhandi, A., Subhan, A., Indayaningsih, N. 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Jurnal Fisika*. 10 (2) : 122-127.
- Hable, C.T & Wrighton, M.S. 1990. Electrocatalytic Oxidation of Methanol by Assemblies of Platinum/Tin Catalyst Particles in a Conducting Polyaniline Matrix. *Langmuir the ACS Journal of Surfaces and Colloids* .7(7) : 1306-1309.
- Hamnett, A. 1997. Mechanism and Electrocatalysis in the Direct Methanol Fuel Cell. *Catalysis Today* 38 : 445-457.
- Haryati, S., Bustan, M. D., dan Asnani I, J. 2009. Studi Efek Kinetika Katalis Platina, Paladium, Kobalt, dan Nikel terhadap Produksi Syngas di Steam Reformer PT Pusri II Palembang. *Added Value Of Energy Resources* : 186-190.
- Jow, J., Yang, S., Chen, H., Wu, M., Ling, T., We, T. 2008. Co-electrodeposition of Pt-Ru electrocatalysts in Electrolytes with Varying Compositions by a Double-potential Pulse Method for the Oxidation of MeOH and CO. *International Journal of Hydrogen Energy* 34 : 665-671.
- Kamarudin, S.K., Daud, W.R.W., Ho, S.L., Hasran, U.A. 2006. Overview on the Challenges and Developments of Micro-direct Methanol Fuel Cells (DMFC). *Journal of Power Sources* 163 : 743-754.
- Kamarudin, S. K., Hashim, N. 2012. Materials, morphologies and structures of MEAs in DMFCs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 : 2494-2515.
- Karim, N.A., Kamarudin, S.K. 2012. An overview on non-platinum cathode catalysts for direct methanol fuel cell. *Applied Energy* xxx : xxx-xxx.
- Kim, C., Yang, K. S. 2003. Electrochemical properties of carbon nanofiber web as an electrode for supercapacitor prepared by electrospinning. *Applied Physics Letters*. 83 (6) : 1216-1218.
- Liu, J., Zhong, C., Du, X., Wu, Y., Xu, P., Liu, J., Hu, W. 2013. Pulsed electrodeposition of Pt particles on indium tin oxide substrates and their electrocatalytic properties for methanol oxidation. *Electrochimica Acta* 100 : 164-170.

- Ma'muri, A., Suryoatmojo, H., dan Ashari, M. 2012. Integritas Sistem Hybrid Fuel Cell Baterai ke jaringan Distribusi Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Teknik POMITS*. 1(1) : 1-6.
- Mulyani, R., Buchari., Noviandri, I., Ciptati. 2012. Studi tametri Siklik Sodium Dedocyl Benzen Sulfonat Dalam Berbagai Elektroda Dan Elektrolit Pendukung. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah (Journal of Waste Management Technology)*, ISSN 1410-9565, 15 (1) : 51-56.
- Nisa, N.F., Purnama, H., Dewi, E.L. 2012. Uji Reaktivitas Pt Terhadap O₂ Menggunakan Pt Termodifikasi Dan Pt/C Komersial Untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS-* : 1412-9612.
- Pollak, E., Genish, I., Salitra, G., Soffer, A., Klein, L., and Aurbach, D. 2006. The Dependence of the Electronic Conductivity of Carbon Molecular Sieve Electrodes on Their Charging States. *J. Phys. Chem. B*, 110 : 7443-7448.
- Puranto, P. 2010. Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode tametri Siklik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH* 28 : 20-28.
- Rahim, M.A.A., Hassan, H.B., and Hameed, R.M.A. 2007. Graphite Electrodes Modified with Platinum-Nickel Nano-Particles for Methanol Oxidation. *Fuel Cells* 7(4) : 298–305.
- Rohendi, D., dan Adnan, Y. 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan KatalisPt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*. 3 (12C) : 29-30.
- Sari, W.P. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Zeolite/Glassy Carbon dan Aplikasinya Sebagai Zeolite Modified Electrode (ZME) untuk Indikator Asam Askorbat. *Skripsi Universitas Indonesia*.
- Sari, Y.A. 2013. Penentuan Kadar Nikel dalam Mineral Laterit Melalui Pemekatan dengan Metode Kopersipitasi Menggunakan Cu-Pirolidin Dithiokarbamat. *Skripsi Universitas Negeri Semarang*.
- Suhada, H. 2001. Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal teknik Mesin*. 3(2) : 92-100.
- Togar, Y.M. 2012. Preparasi Katalis Praseodimium Oksida/Zeolit Klipnotilolit Aktif untuk Meningkatkan Bilangan Oktana pada Gasolin. *Skripsi Universitas Indonesia*.
- Widiyarti, G., Rahayu, W.S. 2010. Pengaruh Metode Preparasi dan Kandungan

Logam Aktif Terhadap Aktivitas Katalis Ni/*Kieselguhr*. *Indonesian Journal of Materials Science* 11(2) : 1 – 5.

Yi, L., Liu, L., Liu, X., Wang, X., Yi, W., He, P., Wang, X. 2012. Carbon-supported Pt-Co nanoparticles as anode catalyst for direct borohydride-hydrogen peroxide fuel cell: Electrocatalysis and fuel cell performance. *International Journal of Hydrogen Energy* 37 : 12650-12658.

Zainoodin, A. M., Kamarudin, S.K., Daud, W.R.W. 2010. Electrode in direct methanol fuel cells. *International journal of hydrogen energy* 35 : 4606–4621.

Zhang, J., Yin, G., Wang, Z., Shao, Y. 2006. Effects of MEA preparation on the performance of a direct methanol fuel cell. *Journal of Power Sources* 160 : 1035–1040.

Zhao, Y., Fan, L., Ren, J., Hong, B. 2013. 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 : 4544-4557.