

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC) DENGAN KATALIS Pt-Ni/C**



**Oleh**

**Bayu Pratama**

**08121003060**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC) DENGAN KATALIS Pt-Ni/C**

**SKRIPSI**

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



**BAYU PRATAMA**

**08121003060**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC) DENGAN KATALIS Pt/Ni**

**SKRIPSI**

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

Oleh :  
**BAYU PRATAMA**  
**08121003060**

Indralaya, 12 Januari 2018

**Pembimbing I**



**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
**NIP. 19670419993031001**

**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 PERSETUJUAN

Makalah Skripsi dengan judul “Pembuatan dan Pengujian *Membrane Electrode Assembly* (MEA) untuk *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dengan Katalis Pt-Ni/C” telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya pada Tanggal 12 Januari 2018 dan dinyatakan sah.

Indralaya, 12 Januari 2018

### Pembimbing

1. Dr. Dedi Rohendi, M.T  
NIP. 19670419993031001

(  )

2. Dr. Nirwan Syarif, M.Si  
NIP. 197010011999031003

(  )

### Penguji

1. Hermansyah, Ph.D  
NIP. 197111191997021001

(  )

2. Fahma Riyanti, M.Si  
NIP. 197204082000032001

(  )

3. Dr. Muhammad Said, M.T  
NIP. 197407212001121001

(  )

Indralaya, 12 Januari 2018

Mengetahui,  
Dekan FMIPA

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

Ketua jurusan,  
Ketua Jurusan

  
Dr. Dedi Rohendi, M.T  
NIP. 1967041919993031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Bayu Pratama  
NIM : 08121003060  
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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 12 Januari 2018

Penulis.



Bayu Pratama

08121003060

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Mahasiswa : Bayu Pratama

NIM : 08121003060

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 Pengujian *Membrane Electrode Assembly* (MEA) untuk *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dengan Katalis Pt-Ni/C”. 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.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya

Indralaya, 12 Januari 2018

Yang menyatakan,



Bayu Pratama

08121003060

**“Semakin besar kita meningkatkan pengetahuan, semakin besar pula kita  
mengungkapkan ketidaktahuan kita”**

**(John F. Kennedy)**

**“Motivasi adalah api yang ada didalam diri sendiri. Apabila orang lain yang  
menyalakannya, maka nyalanya hanya sedikit”**

**(Dwi Yosa Oktaviyani)**

**“Rajin Pangkal Pandai, Hemat Pangkal Kaya”**

**(Anonim)**

**Skripsi ini saya persembahkan :**

**Ayah dan Ibunda**

**Adik-adik**

**Sahabat-sahabat**

**Almamater Universitas Sriwijaya**

**Seluruh Peneliti di Bidang Pengembangan Fuel Cell**

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr, wb.

Segala puji dan syukur hanyalah kepada Allah s.w.t, Tuhan yang menciptakan dan memelihara seluruh alam semesta. Serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad s.a.w. Penulis mengucapkan puji syukur karena dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Pembuatan dan Pengujian *Membrane Electrode Assembly (MEA)* untuk *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)* dengan Katalis Pt-Ni/C”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, pengalaman, motivasi, saran dan petunjuk, kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku ketua jurusan kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Hermansyah, Ph.D, Bapak Muhammad Said M.T, dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si. selaku penguji sidang sarjana.
4. Ayahanda tercinta dan Ibunda terkasih yang selalu menyayangi, mendoakan, menasehati, dan mendukung penulis.
5. Adikku Ajeng Dwi Hikmah Desyanti
6. Teman-teman Kimia FMIPA UNSRI Angkatan 2012
7. Teman-teman sisa semalam Amin S.Si, Barisah S.Si, Gina S.Si, Iqlima S.Si, Kiki O.D S.Si, Lora S.Si, Nardo, S.Si, Nizar, S.Si, Oka S.Si, Olive, S.Si, Roy S.Si, Willy S.Si, Yeka S.Si, Riyanti, S.Si, dan Ida S.Si
8. Teman-teman Guild Red-Army Bellato.
9. Teman-teman Guild Frontier-Army Cora.
10. Seluruh staff Dosen dan Analis Kimia FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya
11. Mbak Novi, Kak Roni, dan Kak Iin yang membantu dalam administrasi selama masa perkuliahan dan penyelesaian skripsi



12. Teman seperjuangan penelitian yang udah lulus duluan Willy Saputra S.Si

13. Seluruh kakak tingkat yang telah membantu dari awal perkuliahan hingga saat ini.

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

Indralaya, 12 Januari 2018



Penulis

## SUMMARY

### **MAKING AND TESTING MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) FOR PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC) WITH Pt / Ni CATALYSTS**

Bayu Pratama : Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Nirwan Syarif, M.Si

Scientific papers in the form of an essay, Desember 2017

x + 50 pages, 8 tables, 9 figures, 6 attachments

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University.

#### SUMMARY

Fabrication and characterization of electrodes Pt-Ni/C and its application directly in proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) has been done. The electrodes are made by using a mixture of Platinum and Nickel 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 Ni with total of  $0.5 \text{ mg/cm}^2$ . XRD analysis results showed carbon at position  $2\theta = 20-30^\circ$ , Peak of Platinum is at position  $2\theta = 39.94^\circ$ . XRD analysis to GDL with Catalyst mixture of Platinum and Nickel, no specific nickel peaks are detected. This does not mean that no nickel is impregnated. The impregnated nickel is probably amorphous form so that it is undetectable by XRD. 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 Ni. 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 60% of Pt electrode  $4.2 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{gr}$  and the lowest at 20% of Pt electrode  $1.3 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{gr}$ . In electrical conductivity test using a digital multimeter with auto DC power supply as well as digital, obtained the highest value at 60% of Pt  $0.0208 \text{ S.m}^{-1}$  and the lowest value at 0% of Pt  $0.0153 \text{ S.m}^{-1}$ . Applications made on stack PEMFC 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 60% of Pt of 35 mV and the lowest at 100% Pt of 28 mV.

Keywords : proton exchange membrane fuel cell, cathalyst, impregnation, platinum, nickel

Citations : 39 (1984-2017)

## RINGKASAN

### **PEMBUATAN DAN PENGUJIAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC) DENGAN KATALIS Pt/Ni**

Bayu Pratama : Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Nirwan Syarif, M.Si

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Desember 2017

x + 50 halaman, 8 tabel, 9 gambar, 6 lampiran

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

#### RINGKASAN

Pembuatan dan karakterisasi elektroda Pt-Ni/C serta aplikasinya secara langsung pada *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) telah dilakukan. Elektroda dibuat dengan menggunakan campuran katalis platina dan nikel yang didistribusikan ke *gas diffusion layer* (GDL) menggunakan metode impregnasi. Campuran katalis mengandung variasi komposisi sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% Pt terhadap Ni dengan loading total sebesar 0,5 mg/cm<sup>2</sup>. Hasil analisa XRD menunjukkan puncak karbon pada posisi  $2\theta = 20-30^\circ$ , puncak platina terdapat pada posisi  $2\theta = 39,94^\circ$ . Pada analisa XRD untuk GDL dengan katalis campuran platina dan nikel, tidak ada puncak nikel spesifik yang terdeteksi. Hal ini bukan berarti tidak ada nikel yang terimpregnasi. Nikel yang terimpregnasi kemungkinan berwujud amorf sehingga tidak terdeteksi oleh XRD. 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 Ni. Aktivitas katalitik dari elektroda dihitung dari data hasil CV menggunakan metode *Electrochemical Surface Area* (ECSA). Aktivitas katalitik tertinggi didapat dari elektroda 60% Pt sebesar  $4,2 \times 10^{-11}$  cm<sup>2</sup>/gr dan yang terendah pada elektroda 20% Pt sebesar  $1,3 \times 10^{-11}$  cm<sup>2</sup>/gr. Pada uji konduktivitas elektrik menggunakan multimeter digital dengan fungsi auto serta catu daya DC digital, didapatkan nilai tertinggi pada 60% Pt sebesar 0,0208 S.m<sup>-1</sup> dan nilai terendah pada 0% Pt sebesar 0,0153 S.m<sup>-1</sup>. Aplikasi dilakukan pada stack PEMFC dan didapatkan data OCV (*open circuit voltage*) serta nilai arus dan tegangan ketika diberikan beban bervariasi. Nilai OCV tertinggi pada 60% Pt sebesar 35 mV dan terendah pada 100% Pt sebesar 28 mV.

Kata kunci : *proton exchange membrane fuel cell*, katalis, impregnasi, platina, nikel

Kepustakaan : 39 (1984-2017)

## Daftar Isi

	<b>Halaman</b>
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Persetujuan.....	iii
Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah.....	iv
Halaman Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah untuk Akademis .....	v
Kata Pengantar .....	vii
Summary .....	ix
Ringkasan .....	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i> .....	4
2.2 <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> .....	4
2.2.1 <i>Membrane Electrode Assembly</i> .....	5
2.2.2 Pelat Bipolar .....	7
2.3 Elektroda <i>Fuel Cell</i> .....	7
2.3.1 Fungsi Elektroda <i>Fuel Cell</i> .....	8

2.3.2 Struktur Elektroda <i>Fuel Cell</i> .....	8
2.3.2.1 <i>Carbon Paper</i> .....	8
2.3.2.2 <i>Microporous Layer (MPL)</i> .....	8
2.3.2.3 <i>Catalyst Layer</i> .....	9
2.4 Definsi Membran .....	10
2.5 Membran elektrolit Nafion NR 112 .....	10
2.6 <i>Polytetrafluoroetylen (PTFE)</i> .....	11
2.7 Katalis .....	11
2.7.1 Logam Platina Sebagai Katalis .....	13
2.7.2 Logam Nikel Sebagai katalis .....	13
2.8 Metode Pembuatan Elektroda .....	14
2.8.1 Elektrodeposisi .....	14
2.8.2 Impregnasi .....	15
2.8.3 Penyemprotan ( <i>Spraying</i> ) .....	16
2.9 Karakterisasi Katalis .....	16
2.9.1 <i>X-Ray diffraction (XRD)</i> .....	16
2.9.2 <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i> .....	18
2.9.3 <i>Electrochemical Surface Area (ECSA)</i> .....	19
2.9.4 Konduktivitas Elektrik .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	22
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
3.3.1 Aktivasi Bubuk Karbon .....	22
3.3.2 Pembuatan Katalis Pt/Ni-C dengan Metode Impregnasi .....	22
3.3.3 Pembuatan Pt/C dan Pt/Ni-C .....	23

3.4 Karakterisasi Elektroda Pt/Ni-C .....	24
3.4.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan XRD .....	24
3.4.2 Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda .....	24
3.4.3 Pengukuran Konduktivitas Elektrik .....	25
3.5 Pembuatan dan Pengujian Prestasi Membrane Electrode Assembly (MEA) pada PEMFC .....	25
3.5.1 Pembuatan MEA .....	25
3.5.2 Pengujian MEA pada PEMFC .....	25
3.6 Analisis Data .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Elektroda PEMFC dengan Katalis Pt/C dari Metode Penyemprotan (Spraying) .....	27
4.2 Elektroda PEMFC dengan Katalis Pt-Ni/C dari Metode Penyemprotan (Spraying) .....	28
4.3 Karakterisasi Elektroda .....	28
4.3.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan XRD .....	28
4.3.2 Sifat Elektrokimia Elektroda Pt-Ni/C .....	30
4.3.3 Konduktivitas Elektroda Pt-Ni/C .....	32
4.4 Aplikasi pada PEMFC .....	33
4.4.1 Pengukuran <i>Open Circuit Voltage</i> (OCV) .....	33
4.4.2 Pengujian Kinerja I-V MEA pada Beban Bervariasi .....	34
4.4.3 Pengujian Densitas Daya MEA .....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Manufaktur MEA .....	7
Gambar 2. Skema sinar datang dan sinar terdifraksi oleh kisi Kristal .....	17
Gambar 3. Voltammogram dari elektroda kimia reversibel yang memiliki puncak arus katoda dan anoda .....	18
Gambar 4. Voltammogram lapisan katalis PEMFC untuk ECSA analisis oleh hidrogen adsorpsi/desorpsi (HAD).....	19
Gambar 5. Elektroda sebelum dan sesudah penambahan katalis.....	27
Gambar 6. Pola spektrum XRD metode impregnasi Elektroda Pt-Ni/C dan Elektroda Ni/C.....	29
Gambar 7. Nilai semua CV Pt-Ni/C dalam satu diagram .....	30
Gambar 8. Kinerja MEA pada berbagai komposisi Pt:Ni.....	34
Gambar 9. Grafik Densitas Daya Gabungan.....	35

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Data Eksperimen Manufaktur MEA .....	6
Tabel 2. Hasil Pengujian MEA Metode <i>Brushing</i> .....	6
Tabel 3. Perbandingan Loading Bahan .....	23
Tabel 4. Data analisis konduktivitas Pt:Ni dalam Pt/Ni-C.....	26
Tabel 5. Hasil Penimbangan GDL Sebelum dan Sesudah Penyemprotan.....	28
Tabel 6. Hasil Perhitungan nilai ECSA Elektroda Pt-Ni/C.....	31
Tabel 7. Hasil Pengukuran Nilai Konduktivitas Variasi Komposisi Pt-Ni/C ..	32
Tabel 8. Nilai Pengukuran OCV Elektroda Pt-Ni/C .....	33



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Krisis energi yang terjadi di berbagai negara di belahan dunia saat ini sudah memasuki tahapan yang sangat serius dan memprihatinkan sehingga harus segera dicari metode pemecahan masalahnya. Saat ini sumber energi dunia masih didominasi oleh sumber daya alam yang tidak terbarukan yaitu minyak bumi, batu bara, dan gas alam dimana masing-masing penggunaannya adalah olahan minyak bumi sebesar 35,03 %, batu bara sebesar 24,59%, dan gas alam sekitar 20,44 %, serta sumber energi lain namun memiliki resiko yang cukup tinggi yaitu energi nuklir sebesar 6,3 % (Wiratmaja dkk., 2011).

Salah satu solusi energi bersih terbarukan yang dapat dikembangkan adalah *fuel cell*. *Fuel cell* (sel bahan bakar) merupakan peralatan elektrokimia yang dapat mengubah energi bebas yang tersedia dalam bahan bakar (energi kimia) langsung menjadi kerja yang bermanfaat dalam bentuk energi listrik (Wang *et al.*, 2009). *Fuel cell* dengan keunggulan pada tingkat konversi yang tinggi, tingkat polusi yang rendah, dan beragam sumber bahan bakarnya diharapkan dapat menggantikan sumber energi konvensional yang ada (Daud *et al.*, 2004).

Salah satu jenis *fuel cell* dengan keunggulan suhu operasi yang relatif rendah, tingkat konversi tinggi dan aplikasi yang beragam (keperluan energi, kendaraan bermotor dan sumber energi untuk perumahan) adalah *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) (Wang *et al.*, 2009; Su, *et al.*, 2010). PEMFC secara teori dapat menghasilkan tegangan hingga 1,2 V saat dioperasikan dalam keadaan tanpa beban (*Open Circuit Voltage*) pada suhu dibawah 100° C (Daud *et all.*, 2004). Kuncoro (2008) juga mengungkapkan bahwa secara teori pada kondisi ideal (tergantung oleh suhu dan tekanan) PEMFC dapat menghasilkan tegangan maksimum 1,22 V. Tegangan ideal tersebut biasa disebut tegangan Nernst. Sedangkan pada kenyataannya tegangan yang dihasilkan jauh di bawah tegangan ideal tersebut dan berkurang dengan meningkatnya kerapatan arus.

Penggunaan PEMFC sebagai sumber bahan bakar pengganti telah lama dilakukan seperti pada bus dan laptop. Penggunaan PEMFC pada bus telah dilakukan di Eropa pada tahun 2003. Dalam pengujian performa diketahui bus mampu menghasilkan daya hingga 50 kW dengan tingkat konsumsi daya 17-22 kW. Sistem PEMFC bus menggunakan bahan bakar hidrogen terkompresi yang disimpan pada sebuah silinder. Sedangkan pada laptop, sistem PEMFC mampu menghasilkan daya sebesar 46 W. Bahan bakar hidrogen yang digunakan disuplai oleh hidrogen yang disimpan pada tangki berbahan logam hidrida (Wee, 2007).

Komponen terpenting dalam PEMFC adalah *Membrane Electrode Assembly* (MEA) yang merupakan pusat reaksi elektrokimia perubahan gas hidrogen (bahan bakar) dan oksigen (oksidan) menjadi energi listrik dan air sebagai buangan. MEA merupakan elektroda yang terdiri dari katoda dan anoda yang mengapit membran elektrolit pada kedua sisi (Starz *et al.*, 2002). MEA dapat dikatakan efektif apabila dapat menyeimbangkan aliran gas reaktan dari saluran gas menuju lapisan katalis melalui GDL dan proton dari anoda menuju katoda (Akyalcin, L. dan Kaytakoglu, S., 2008). Karena mempunyai fungsi sangat penting, maka MEA harus mendapat perhatian khusus dalam hal upaya mencapai kerapatan arus (*current density*) dan daya tahan yang tinggi. Hal yang perlu dikaji untuk menghasilkan MEA dengan kinerja tinggi adalah kandungan dan jenis katalis serta metode pembuatannya.

Katalis yang digunakan dalam elektroda *fuel cell* umumnya katalis berbasis Platina yang cukup mahal dan mudah teracun. Selain katalis tunggal Platina, pemakaian logam golongan transisi lain selain Platina dilaporkan digunakan sebagai katalis pendukung Platina. 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 (Saputra, 2017). Penambahan paduan tersebut diketahui berhasil meningkatkan aktivitas dari katalis Platina dan mengurangi penggunaannya (Cheng *et al.*, 2005). Selain itu, penambahan paduan ke katalis Pt memiliki ketahanan terhadap oksidasi lebih baik daripada Pt murni (Cheng *et al.*, 2005). Pada penelitian ini katalis Pt akan dipadukan dengan logam transisi lain yaitu Nikel. Penggunaan logam Nikel sebagai katalis elektroda cukup menjanjikan

karena memiliki nilai konduktivitas yang lebih tinggi daripada Platina yaitu sebesar  $14,6 \times 10^6 / \text{cm}\Omega$ . Sedangkan untuk nilai konduktivitas dari Platina yaitu  $9,4 \times 10^6 / \text{cm}\Omega$ . (Suyatna, 2016). Setelah mengetahui keunggulan Nikel sebagai katalis diharapkan dapat menghasilkan paduan katalis Pt-Ni/C dengan kinerja tinggi serta mengurangi penggunaan Platina sebagai katalis. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan MEA yang berfungsi sebagai elektroda PEMFC dengan menggunakan katalis paduan antara Platina dan Nikel kemudian dilakukan karakterisasi dan uji kinerja menggunakan perangkat stek PEMFC.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah pembuatan katalis paduan Platina dan Nikel untuk PEMFC dapat dilakukan ?
2. Karakterisasi apa saja yang akan dilakukan terhadap katalis paduan Platina dan Nikel ?
3. Pada komposisi Pt terhadap Ni berapakah dihasilkan katalis Pt-Ni/C terbaik berdasarkan uji karakterisasi, kinerja, OCV, dan pemberian beban ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan pembuatan elektroda Pt/Ni-C yang memiliki *loading* total  $0,5 \text{ mg/cm}^2$  dengan berbagai perbandingan Pt:Ni dengan metode *spraying*
2. Melakukan karakterisasi elektroda Pt/Ni-C yang meliputi analisis XRD, pengukuran kinerja elektrokimia elektroda dengan menggunakan *cyclic voltammetry* (CV), metode *Electrochemical Surface Area* (ECSA) serta pengukuran konduktivitas elektrik.
3. Menentukan komposisi katalis terbaik Pt/Ni-C untuk PEMFC berdasarkan uji kinerja (arus-tegangan), uji OCV, dan pemberian beban.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan Platina sebagai katalis MEA untuk PEMFC dengan menggantinya dengan katalis Pt/Ni-C yang memiliki kinerja tinggi dan harga yang murah dalam proses pembuatannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- A'yuni, Q. dan Murwani, I. K., 2012. Impregnasi dan Karakterisasi Struktur Padatan  $\text{Co}_3\text{O}_4$  pada Pendukung  $\text{CaF}_2$ . *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 : 2301-928X.
- Akyalcin, L., and Kaytakoglu, S., 2008. Optimization of structural combinations on the performance of a PEMFC's MEA, *Journal of Power Sources*, 180: 767-772
- Anggraeni, N., 2016, Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ni/C dengan Metode Elektrodeposisi dan Impregnasi, Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya, Indralaya
- Anwari, M., 2015, Rancang Bangun Prototipe Simulator Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Berbasis Buck Konverter dan Mikrokontroler Arduino, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Cheng, X., Peng, C., You, M., Liu, L., Zhang, Y., and Fan, Q., 2005. Characterization of Catalysts and Membrane in DMFC Lifetime Testing. *Electrochimica Acta* 51 : 4620-4625.
- Daud, W. R. W., Mohamad, A. B., Khadhum, A. A. H., Chebbi, R., and Iyuke, S. E., 2004. Performance optimisation of PEM fuel cell during MEA fabrication. *Jurnal Energy Conversion and Management*, 45: 3239–3249.
- Debe, M.K. 2001. Membrane Electrode Assemblies. United States Patent. US6,183,668 : 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.
- Dewi, E., L., Ismujanto, T., dan Chandrasa, G. T., 2008. Pengembangan dan Aplikasi Fuel Cell. *Prosiding Seminar Nasional Teknoi*, Yogyakarta
- Guo, J., W., Zhao, T., S., Prabhuram, J., Chen, R., and Wong, C., W., 2005. Preparation and characterization of a PtRu/C nanocatalyst for direct methanol fuel cells. *Journal Electrochimica Acta*, 51 : 754-763
- Guo, T., Y., Zeng., Q., H., Zhao, C., H., Liu, Q., L., Zhu, A., M., and Broadwell, I., 2011. Quaternized polyepichlorohydrin/PTFE composite anion exchange membranes for direct methanol alkaline fuel cells. *Journal of Membrane Science*, 268-275.

- Haryati, S., Bustan, M. D., dan Asnani, 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*, 185-189
- Karina, A., dan Satwiko, S., 2015, Study Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV, Jawa Tengah dan Yogyakarta*
- Kesting, R.E., 2000, *Synthetic Polymeric Membranes. A Structural Perspective*, Ed ke-2. John Wiley & Sons. New York.
- Kuncoro, D. W., 2008, Simulasi Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) sebagai Pembangkit Listrik Perumahan, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok
- Lister, S. and McLean, G., 2004. PEM fuel cell electrodes. *Journal of Power Sources*, 130 : 61-76
- Luczak, F. J. and Landsman, D. A., 1984, Ternary fuel cell catalysts containing platinum, cobalt and chromium, United States, 4447506.
- Marwati, 2013. Pengaruh Agen Pereduksi dalam Proses elektrodposisi Terhadap Kualitas Deposit Cu dan Ag. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA, Yogyakarta*
- Mathur, R. B., Maheswari, P. H., Dhimi, 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 : 4809-4817
- Pandiangan, K. D., dan Simanjuntak, W., 2013. Sintesis Katalis Heterogen MgO-SiO<sub>2</sub> Sekam Padi dengan Metode Sol-Gel dan Aplikasinya pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Lampung*
- Park, S., Lee, J. W., and Popov, B.N., 2006. Effect of carbon loading in microporous layer on PEM fuel cell performance. *Journal of Power sources*, 163 : 357-363
- 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
- Prihandoko, B., Sadeli, Y., dan Novianto, D.W., 2010. Pengaruh Tekanan Hot Press terhadap Karakter Pelat Bipolar PEMFC. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 27 : 28-32

- Radhakrishnan, V., and Haridoss, P., 2011. Effect of GDL compression on pressure drop and pressure distribution in PEMFC flow field. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(22): 14823-14828.
- Rohendi, D., dan Adnan, Y., 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*, 13(2) : 28-32
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Shyuan, L. K., and Raharjo, J., 2016. Compariso of the Performance of Proton Exchange Fuel Cell (PEMFC) Electrodes with Different Carbon Powder Content and Methods of Manufacture. *Indonesian Jornal of Fundamental and Applied Chemistry*, 61-66
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohammad, A. B., Daud, W. R. W., Kadhun, A. A. H., 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 : 9431- 9437
- Salgado, J. R. C., Antolini, E., and Gonzalez, E. R., 2004. Preparation of Pt-Co/C electrocatalysts by reduction with borohydride inacid and alkaline media: the effect on the performance of the catalyst. *Journal of Power Sources*, 138 : 56-60
- Saputra, W., 2017, Pembuatan Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan uji Kinerja Elektroda pada Direct Methanol Fuel Cell, Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Sharma, P., and Sharma, R. K., 2015. Platinum functionalized multiwall carbon nanotube composites as recyclable catalyst for highly efficient asymmetric hydrogenation of methyl pyruvate. *Journal Royal Society of Chemistry*, 102481–102487
- Sianturi, S., 2009, Reaksi Aminasi Gliserol dalam Berbagai Tekanan Gas Amoniak dengan Katalis Nikel, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara
- Starz, K. A., Zuber, R., Kramer, A., Fehl, K., Kohler, J., and Wittpahl, S., 2002, Ink for producing membrane electrode assemblies for fuel cells, United States, US20020034674 A1
- Su, H. N., Zeng, Q., Liao, S. J., and Wu, Y. N., 2010. High performance membrane electrode assembly with ultra-low platinum loading prepared by a novel multi catalyst layer technique. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(19): 10430-10436.

- Suhada, H., 2001. Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal teknik Mesin*, 3(2) : 92-100
- Taylor, A. D., Kim, E. Y., Humes, V. P., Kizuka, J., and Thompson, L. T., 2007. Inkjet printing of carbon supported platinum 3-D catalyst layers for use in fuel cells. *Journal of Power Sources*, 171: 101–106.
- Togar, Y. M., 2012, Preparasi Katalis Praseodimium Oksida/Zeolit Klipnotilolit Aktif untuk Meningkatkan Bilangan Oktana pada Gasolin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
- Wang, Z. B., Zuo, P. J., Chu, Y. Y., Shao, Y. Y., and Yin, G. P., 2009. Durability studies on performance degradation of Pt/C catalysts of proton exchange membrane fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(10): 4387-4394.
- Wee, J. H., 2007. Applications of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11 : 1720-1738.
- Wiratmaja, I. G., Kusuma, I. G. B. W., dan Winaya, I. N. S., 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmu Teknik Mesin*, 5(1) : 75-84
- Wisojodharmo, L. A., dan Dewi, E. L., 2008, Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA) dengan Katalis Platina Karbon pada PEMFC, Prosiding Seminar Nasional Teknoin, Yogyakarta
- Witanto, E., Trisunaryanti, W., dan Triyono, 2010. Preparasi dan Karakterisasi Katalis NI-MO/Zeolit Alat Aktif, Seminar Nasional VI, Yogyakarta
- Xiong, L., Kannan, A. M., and Manthiram, A., 2002. Pt-M (M=Fe, Co, Ni and Cu) electrocatalysts synthesized by an aqueous route for proton exchange membrane fuel cells. *Electrochemistry Communications*, 4(11): 898-903.
- Yi, L., Liu, L., Liu, X., Wang, X., Yi, W., He, P., and 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.
- Yu, H. M., Schumacher, J. O., Zobel, M., and Hebling, C., 2005. Analysis of membrane electrode assembly (MEA) by environmental scanning electron microscope (ESEM). *Journal of Power Sources*, 145(2005) : 216-220.
- Zignani, S., C., Antolini, E., and Gonzalez, E., R., 2009. Stability of Pt–Ni/C (1:1) and Pt/C electrocatalysts as cathode materials for polymer electrolyte fuel cells: Effect of ageing tests. *Journal of Power Sources*, 344-350.