

**SKRIPSI**

**UJI KINERJA DMFC (*DIRECT METHANOL FUEL CELL*)  
AKTIF DAN PASIF PADA BERBAGAI VARIASI  
KONSENTRASI METANOL**



**MUTIARA  
08031181520017**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**UJI KINERJA DMFC (*DIRECT METHANOL FUEL CELL*) AKTIF DAN PASIF PADA BERBAGAI VARIASI KONSENTRASI METANOL**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**MUTIARA**

**08031181520017**

Inderalaya, 27 November 2019

**Pembimbing I**



**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
**NIP. 1967041919931001**

**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

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan Judul “Uji Kinerja DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*) Aktif dan Pasif Pada Berbagai Variasi Konsentrasi Metanol” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dalam sidang sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 27 November 2019 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukkan yang diberikan.

Palembang, 27 November 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

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

NIP. 196704191993031001

(  )

Anggota:

**Dr. Nirwan Syarif, M.Si**

NIP. 197010011999031003

(  )

**Dr. Ady Mara, M. Si**

NIP.196404301990031003

(  )

**Dra. Fatma, M. Si**

NIP. 196207131991022001

(  )

**Drs. Almunady T. Panagan, M. Si**

NIP.196011081994021001

(  )

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**

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

**Ketua Jurusan Kimia**

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

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>SUMMARY</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. <i>Fuel Cell</i> .....	4
2.2. Perkembangan <i>Fuel Cell</i> .....	5
2.3. Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i> .....	5
2.4. Jenis <i>Fuel Cell</i> .....	6
2.5. <i>Direct Metanol Fuel Cell</i> .....	9
2.6. Prinsip Kerja <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> .....	11
2.7. Komponen Penyusunan <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> .....	12
2.7.1. <i>End Plate</i> .....	12
2.7.2. Kisi Aluminium .....	12
2.7.3. <i>Membrane Electrode Assembly (MEA)</i> .....	13
2.7.4. Katalis Pt-Co/C .....	13
2.8. Pembuatan Elektroda Dengan Metode Semburan Pada <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> .....	13
2.9. Kinerja <i>Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)</i> .....	15

2.10. Karakterisasi Elektroda .....	17
2.10.1. <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	17
2.10.2. Konduktivitas Elektrik .....	18
2.10.3. <i>Open Circuit Voltage</i> (OVC) .....	19
2.11. Metanol .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	22
3.1 Waktu dan Tempat .....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3. Prosedur Penelitian .....	22
3.3.1. Pembuatan MEA .....	22
3.3.1.1. Penyiapan GDL .....	22
3.3.1.2. Preparasi Elektroda Dengan Lapisan Katalis Pt-Co/C Menggunakan Metode Semburan .....	22
3.3.2. Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C .....	24
3.3.2.1. Pengujian Sifat Elektrokimia Katalis dengan Teknik <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	26
3.3.2.1. Pengujian Konduktivitas Elektrik .....	26
3.3.3. Pengujian Kinerja MEA .....	25
3.3.3.1 Pengujian Kinerja DMFC Aktif dan Pasif pada Konsentrasi Metanol yang Bervariasi.....	26
3.4. Analisa Data .....	25
3.4.1. Analisis <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	25
3.4.2. Nilai Konduktivitas .....	26
3.4.3. Analisa Kinerja MEA .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
4.1. Preparasi GDL dan Elektroda dengan Katalis Pt-Co/C Menggunakan Metode Semburan.....	27
4.2. Karakterisasi Elektroda .....	27
4.2.1. Karakterisasi Elektroda Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	27

4.2.2. Konduktivitas Elektrik Elektroda Pt-Co/C.....	28
4.3. Pengujian OCV MEA Pada <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> (DMFC) Pasif dan Aktif .....	30
4.4. Uji Kinerja <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> (DMFC) Pasif dan Aktif Pada Konsentrasi Metanol Bervariasi.....	31
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	34
5.1. Kesimpulan .....	34
5.2. Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	35
<b>LAMPIRAN</b> .....	38

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Skema <i>Fuel Cell</i> .....	4
Gambar 2. Mekanisme Reaksi DMFC .....	11
Gambar 3. Perbandingan Karakteristik Polarisasi Galvanostat Dari Pt-Co/C dan Katoda Pt/C dalam Satu Sel PEMFC Pada 90°C.....	15
Gambar 4. Kurva Karakteristik <i>Fuel Cell</i> .....	16
Gambar 5. Contoh Skema Voltamogram Siklik .....	17
Gambar 6. Rangkaian Alat Potensiostat .....	18
Gambar 7. Perpindahan Ion Dalam Suatu Elektrolit .....	19
Gambar 8. Struktur Metanol .....	20
Gambar 9. Skema DMFC Pasif .....	24
Gambar 10. Skema DMFC Aktif .....	25
Gambar 11. GDL, Elektroda dan MEA .....	27
Gambar 12. Voltammogram dengan Laju Telusur 25 mV/s .....	28
Gambar 13. Hasil <i>Fitting</i> EIS Elektroda Pt-Co/C.....	29
Gambar 14. OCV DMFC Aktif dan Pasif.....	30
Gambar 15. Kinerja DMFC Pasif.....	31
Gambar 16. Kinerja DMFC Aktif.....	33

**DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Jenis <i>Feul Cell</i> .....	8
Tabel 2. Perhitungan Tabel ESCA Katalis Pt-Co/C .....	25



**SUMMARY**  
**PERFORMANCE TEST OF DMFC (*DIRECT METHANOL FUEL CELL*) ACTIVE  
AND PASSIVE IN VARIOUS METHANOL CONCENTRATION VARIATION**

Mutiarra; supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and Dr. Nirwan Syarif, M.Sc.

X + 50 pages, 2 tables. 16 picture, 8 attachments

This research about the manufacturing, characterization, and testing of active and passive DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) has been carried out. The electrodes used were made by mixing platinum and cobalt catalysts and then distributing them to the surface of the carbon layer using the spray method then MEA (Membrane Electrode Assembly) was produced, the composition ratio of the catalyst Pt to CO was 60% with a surface area of 4 cm<sup>2</sup>. The electrodes were characterized with Cyclic Voltammetry (CV) at a scan rate of 25 mV/s, and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). The catalytic activity of the electrode surface is determined from the ECSA (Electrochemical Surface Area) value where the ECSA value was determined from the measurement data using the CV analysis method. The ECSA value of the electrodes with Pt-Co/C catalyst was 398.92 cm<sup>2</sup>/g and the electrical conductivity value was 7.579x10<sup>-4</sup>S/cm. Open Circuit Voltage (OCV) value was used to determine MEA performance without load. The highest OCV was demonstrated by MEA DMFC passive at a methanol concentration of 15 v/v% and MEA DMFC active at a methanol concentration of 5 v/v%. MEA performance test results on passive DMFCs showed a maximum power density of 25 mW/cm<sup>2</sup> at a methanol concentration of 15 v/v%, and a maximum power density for active DMFC at a 5 v/v% methanol concentration of 12 mW/cm<sup>2</sup>. Based on DMFC performance testing, passive DMFCs are more efficient.

**Keywords: catalyst Pt-Co/C, active and passive DMFC, methanol**

Citation : 34 (2001-2019)

## RINGKASAN

### UJI KINERJA DMFC (*DIRECT METHANOL FUEL CELL*) AKTIF DAN PASIF PADA BERBAGAI VARIASI KONSENTRASI METANOL

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

X + 50 halaman, 2 tabel. 16 gambar, 8 lampiran

Penelitian tentang pembuatan, karakterisasi, dan pengujian kinerja DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*) aktif dan pasif telah dilakukan. Elektroda yang digunakan dibuat dengan mencampurkan katalis platina dan kobalt lalu distribusikan ke permukaan lapisan karbon dengan menggunakan metode semburan dihasilkanlah MEA (*Membrane Electrode Assembly*), komposisi perbandingan katalis Pt 60% terhadap CO dengan luas permukaan sebesar 4 cm<sup>2</sup>. Elektroda dikarakterisasi dengan *Cyclic Voltammetry* (CV) dengan laju telusur 25 mV/s menghasilkan dua puncak, puncak anodik (Kurva atas) dan puncak katodik (kurva bawah), dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). Aktifitas katalitik permukaan elektroda ditentukan dari nilai ECSA (*Electrochemical Surface Area*) dimana nilai ECSA ditentukan dari data pengukuran menggunakan metode analisa CV. Nilai ECSA dari elektroda dengan katalis Pt-Co/C adalah sebesar 398,92 cm<sup>2</sup>/g dan nilai konduktivitas elektrik sebesar 7,579x10<sup>-4</sup>S/cm. Nilai *Open Circuit Voltage* (OCV) untuk mengetahui kinerja MEA tanpa beban. OCV tertinggi ditunjukkan oleh MEA DMFC pasif pada konsentrasi metanol 15 v/v% dan MEA DMFC aktif pada konsentrasi metanol 5 v/v%. Hasil uji kinerja MEA pada DMFC pasif menunjukkan kerapatan daya maksimumnya 25 mW/cm<sup>2</sup> pada konsentrasi metanol 15 v/v%, dan kerapatan daya maksimum untuk DMFC aktif pada konsentrasi metanol 5 v/v% sebesar 12 mW/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan pengujian kinerja DMFC, DMFC pasif lebih efisien.

**Kata kunci :** katalis Pt-Co/C, DMFC aktif dan pasif, methanol

Kepustakaan : 34 (2001-2019)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bahan bakar yang digunakan di Indonesia kebanyakan bahan bakar fosil. Akan tetapi bahan bakar fosil dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti polusi udara, penipisan ozon. Oleh sebab itu diperlukan energi alternatif lain yang ramah lingkungan salah satunya *fuel cell*. *Fuel cell* adalah sel elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Reaksi ini menghasilkan listrik, air, dan panas dari reaksi bahan bakar dan oksigen tanpa adanya pembakaran sehingga sangat mengurangi polusi (Rohendi and Adnan, 2010).

*Fuel Cell* merupakan mesin konversi energi kimia secara langsung menjadi energi listrik. Salah satu *fuel cell* yang banyak dikembangkan adalah *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) yang dapat beroperasi pada temperatur rendah (Purwanto,dkk 2007). Pada DMFC, metanol sebagai bahan bakar berada pada sisi anoda kemudian dioksidasi menjadi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), proton dan elektron. Elektron yang terbentuk akan menuju pada kerapatan arus dan dihitung nilainya.. Proton berpindah dari anoda ke katoda melalui membran nafion dan proton bereaksi dengan oksigen menghasilkan air (Dhuhita,2010).

Komponen terpenting dalam DMFC adalah *Membrane Electrode Assembly* (MEA). Kinerja MEA ini tergantung pada ketebalan GDL (*Gas Diffusion Layer*), MEA terdiri dari dua sisi elektroda dan membran elektrolit. Di elektroda terjadi reaksi oksidasi sehingga menyebabkan transpor proton dari membran ke katalis dan transfor elektron pada arus (Rohendi *et al.*, 2013).

Pada MEA terjadi reaksi perubahan antara metanol (bahan bakar) dan oksigen (oksida) menjadi energi listrik dan air sebagai buangan. Karena mempunyai fungsi sangat penting, maka MEA harus mendapat perhatian khusus dalam hal upaya pencapaian kerapatan arus (*current density*) yang tinggi dan daya tahannya. Hal yang perlu dikaji untuk menghasilkan MEA dengan kinerja tinggi adalah kandungan dan jenis katalis serta metode pembuatannya (Rohendi and Adnan, 2010).

Berdasarkan suplai bahan bakarnya, *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) terbagi menjadi dua, yakni DMFC aktif dan pasif. DMFC yang menggunakan

suplai metanol secara terus menerus (sirkulasi) disebut DMFC aktif dengan suplai metanol yang konstan, akan tetapi membutuhkan peralatan tambahan berupa pompa sirkulasi, sedangkan DMFC dengan menggunakan metanol dalam wadah tertutup dinamakan DMFC pasif dengan peralatan yang sederhana, tapi konsentrasi metanol yang terus menurun seiring pemakaian (Kwon, 2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan uji kinerja DMFC aktif dan pasif pada berbagai variasi konsentrasi metanol. Elektroda DMFC yang dibuat menggunakan katalis Pt-Co/C pada anoda dan Pt/C katoda. Katalis Pt-Co/C ini digunakan karena mempercepat reaksi oksidasi bahan bakar di anoda, bersifat inert, dan kestabilannya yang tinggi (Sari, 2014).

## 1.2. Rumusan Masalah

Krisis energi di Indonesia semakin meningkat dengan makin menipisnya cadangan energi yang ada, terutama cadangan energi fosil. Krisis energi yang terjadi juga diikuti dengan terjadinya krisis lingkungan akibat penggunaan sumber energi fosil yang massif yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Untuk itu, dibutuhkan energi alternatif lain untuk mengurangi pencemaran polusi udara yaitu diantaranya menggunakan *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). Penggunaan DMFC diharapkan dapat menjadi alternatif pasokan energi sekaligus untuk mengurangi polusi udara. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan MEA Pt-Co/C dan melakukan uji kinerja DMFC aktif dan DMFC pasif pada berbagai konsentrasi metanol.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah

1. Membuat dan melakukan uji kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) DMFC dengan menggunakan katalis Pt-Co/C menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan konduktivitas Elektroda Pt-CO/C.
2. Membandingkan kinerja antara DMFC aktif dan DMFC pasif pada variasi metanol yang bervariasi

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah untuk menginformasikan pembuatan bagian penting dalam DMFC yaitu *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dan perbandingan kerja dari *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) aktif dan *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) pasif pada berbagai variasi konsentrasi metanol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. 2017. Preparasi, Karakterisasi dan Aplikasi Katalis Co/C untuk Produksi Hidrogen melalui Hidrolisis  $\text{NaBH}_4$  dalam Suasana Basa. *Skripsi Universitas Sriwijaya*
- Amin, Hatem M A et al. 2018. Non-Triangular Potential Sweep Cyclic Voltammetry of Reversible Electron Transfer. Eksperiment Meets Theory. *Journal of Electroanalytical Chemistry*.
- Dewi, E. L., Ismujanto, T., dan Chandrasa, G. T. 2008. Pengembangan Aplikasi Fuel Cell. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Mesin*. A51-A54.
- Dhuhita, A dan Arti, D., T. 2010. Karakteristik dan Uji Kinerja Speck cSMM dan Nafion Untuk Aplikasi Direct Methanol Fuel Cell. *Skripsi*. Universitas Diponegoro.
- Farzaneh, A., Goharshadi, E. K., Gharibi, H., Saghatoleslami, N dan Ahmadzadeh, H. 2019. Insight On The Superior Performance of Nanostructured Nitrogenoped Reduced Graphene Oxide In Comparison With Commercial Pt/C as Cathode Electrocatalyst Layer Of Passive Direct Methanol Fuel Cell. *Electrochimical Acta*.1-27.
- Fauzi, N. F. I., Hasran, U. A and kamarudin, S. K. 2013. Review On Utilization Of The Pervaporation Membrane For Passive Vapor Feed Direct Methanol Fuel Cell. *Icmer*. 1(1): 1-9.
- Halim, F. A., Hasran, U. A., Masdar, M. S., Kamarudin, S. T dan Daud, W. R. W. 2012. Overview On Vapor Feed Direct Methanol Fuel Cell. *Apchee*. 3: 40-45.
- Im, Marita. 2011. Membran Peek Silika / Clay Untuk Aplikasi Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. *Tesis*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Kamarudin, S. K., Hashim, N. 2012. Materials, morphologies and structures of MEAs in DMFCs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16 : 2494–2515.
- Kang, S., Bae, G., Kim, S.K., Jung, D.H., Shul, Y.G and 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*. 48 : 11386-11396.
- Kim, C., and K. S. Yang. 2003. Electrochemical Properties of Carbon Nanofiber Web Asan Electrode Supercapacitor Prepared by Electrospinning *Applied Physics Letters*. 83(6) : 16-18.

- Kwon, J. M., Kim, Y. J and Cho, H. J. 2011. High Efficiency Active DMFC system For Portable Application. *IEEE*. 26(8): 2201-2209.
- Latif, Iis Syarifah, Nurhayati, Leni. 2012. Pembuatan DMFC Menggunakan End Plate Desain Vertikal Dengan Current Collector Tembaga dan Stainless Serta Pengujian Kinerja Menggunakan Metanol dan Etanol. *Skripsi*. Politeknik Negeri Bandung
- Larminie, J and Dicks, A. 2003. *Fuel Cell System References and Index*. New York.
- Marcelina, Yuni. 2018. Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C Yang Dibuat Dengan Metode Semburan Dan Uji Kinerjanya Menggunakan Rakitan Elektroda Membran (MEA) Pada DMFC. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya
- Mohan, Sujith, and S. O Bade Shertha. 2009. Experimental Investigation of a Passive Direct Methanol Fuel Cell. *Proceedings Of The World Congress On Engineering*. 2: 124-128.
- Nabila, Norma. 2011. Pnegaruh Pemberian Metanol dan Etanol Administration To Liver Cell Damage In Wistar Rats. *Artikel*. Universitas Diponegoro.
- Ningsih, N. W. 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Co/C Dengan Metode *Doctor Blade* Dan Uji Kinerja Elektroda Pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Park, Y., C. Kim, D., H, Lim, S., K, Peck, D., H and Jung, D., H. 2012. Design Of a MEA with Multi-Layer Electrodes For High Concentration DMFCs. *International Journal Of Hydrogen Energy*. (37) : 471-4727.
- Puranto, Prabowo. 2010. Pengembangan Instrumen Pengkarakterisasi Sensor Elektrokimia Menggunakan Metode Voltametri Siklik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 20-28.
- Qi, Z., dan Kaufman, A. 2002. Open Circuit Voltage Methanol Crossover Methanol In DMFCs. *Journal Of Power Sources*. 1(110) : 177-185.
- Riyanto. 2012. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Rohendi, Dedi et al. 2013. Characterizatio of Electrodes and Perfomace Test on MEAs With Varying Platinum Content and Under Various Operrational Conditions. *International Journal Of Hydrogen Energy*. 38(22): 9431-9437.
- Rohendi, D., dan Adnan, Y. 2010. Pembuatan Elektroda Fuel Cell Dengan Mteode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*. 13(C).

- Rohendi, D., Majlan, E.H., Mohamad, A.B., Wan, W.R., Kadhum, A.A.H and Shyuan, L.K. 2015. Effect of Temperature and Backpressure on the Performance Degradation of MEA in PMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*. 40(34): 10960-10968.
- Saputra, W. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dengan Metode Impregnasi dan Uji Kinerja Elektrods pada Diret Methnol Fuel Cell (DMFC). *Skripsi Universitas Sriwijaya*.
- Sari, Eva, Nurlaela. 2014. Peningkatan Kinerja Membran Elektrolit Polistirena Tersulfonasi Untuk Aplikasi Membrane Electrode Assembly. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- SAS.2004. Conductivity-Theory and Praticce. In Analytical Radiometer. 1-50
- Suhada, Hendrata. 2001. Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(2) : 92-99.
- Trinigrat, A. M., Rahayu, N. M dan Manuaba, I. 2010. Visual Acuity of Methanol Intoxicated Patiens Before and After Hemodialysis, Methylprednisolone and Prednisone Therapy. *Jurnal Oftalmologi Indonesia*. 7(4): 129-132.
- Tang, Hongjie., Wang, Jiangyan., Yin, Huajein., Zhao, Huijun. 2014. Growth of Polyprrrole Ultrahin Films on MoS 2 Monolayers as High-Performance Supercapacitor Electrodes. : 1-7.
- Utami, M.T. 2018. Pembuatan Elektroda dengan Katalis Pt-Co/C Menggunakan Metode *Catalyst Coated Membrane (CCM)* dan Karakterisasi Serta Uji Kinerja *Membrane Electrode Assembly (DMFC)*. *Skripsi Universitas Sriwijaya*.
- Ye, Q., and T. S. Zhao. 2005. Abrupt Decline in The Open Circuit Voltage of Direct Methanol Fuel Cell at Crittical Oxygen Feed Rate. *Journal of The Electrochemical Society*. 152(11): A2238.
- 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.