

**PENGARUH SUHU STEK DAN TEKANAN BALIK TERHADAP KINERJA  
*PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC)*  
MENGUNAKAN KATALIS Pt/C DAN CoFe/N-C**

**SKIRPSI**

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



**WINNI ANGGRAINI  
08031381621069**

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

**2021**

## HALAMANAN PENGESAHAN

# PENGARUH SUHU STEK DAN TEKANAN BALIK TERHADAP KINERJA PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC) MENGGUNAKAN KATALIS P/C DAN CoFe/N-C

## SKRIPSI

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

Oleh:

**WINNI ANGGRAINI**

08031381621069

Indralaya, Maret 2021

Pembimbing I

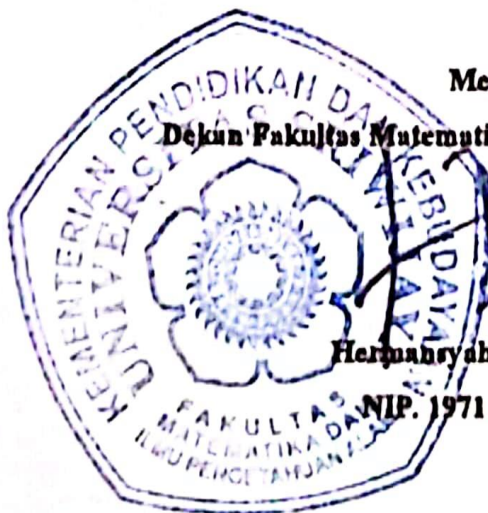
**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
NIP. 196704191993031001

Pembimbing II

**Dr. Almunady T Panagan, M.Si**  
NIP. 196011081994021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Hermahsyah, S.Si, M.Si., Ph.D.**

NIP. 197111191997021001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Makalah Seminar Hasil Winni Anggraini / 08031381621069 dengan judul "Pengaruh Suhu Stek dan Tekanan Balik Terhadap Kinerja *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) Menggunakan Katalis Pt/C dan Cofe/N-C" telah diseminarkan dihadapan tim penguji seminar hasil Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya pada tanggal 3 Februari 2021 telah diperbaiki, diperiksa serta disertai disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Maret 2021

### Pembimbing

1. **Dr. Dedi Rohendi, MT.**  
NIP.196704191993031001
2. **Dr. Almunady T Panagan, M.Si**  
NIP.196011081994021001




### Penguji

1. **Nurlisa Hidayati, M.Si**  
NIP. 197211092000032001
2. **Prof. Dr. Muharni, M.Si**  
NIP.196903041994122001
3. **Zainal Fanani, M.Si**  
NIP.196708211995121001



Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Hasanudin, M.Si

NIP. 197205151997021003

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Winni Anggraini

NIM : 08031381621069

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, Maret 2021



Winni Anggraini  
NIM 08031381621069

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Winni Anggraini

NIM : 08031381621069

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengaruh Suhu Stek dan Tekanan Balik terhadap Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Menggunakan Katalis Pt/C dan CoFe/N-C”. Dengan hak bebas loyalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Maret 2021

Penulis



Winni Anggraini

NIM. 08031381621069

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### Bismillahirrahmanirrahim

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah atas rahmat dan karunia Allah SWT serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW saya dapat menyelesaikan skripsi ini, sebuah karya kecil yang kupersembahkan untuk :

**Kedua Orang Tuaku** yang selalu mendo'akan ku disetiap harinya

**Keempat Saudaraku Perempuan**

**Pak wo , Mak uwo, Bibi dan Oom**

**Pembimbing Skripsiku Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T**

**dan Bapak Dr. Almunady T Panagan, M.Si**

**Almamaterku Universitas Sriwijaya**

**“Dunia Ini ibarat Bayangan. Jika Kamu berusaha Menangkapnya, ia akan lari . Tetapi, Jika Kamu Membelakanginya, ia tak punya pilihan selain Mengikutimu (Ibnu Qayyim Al Jauziyyah)”**

**“Tidak Perlu Menjelaskan Dirimu Kepada Siapapun, karna yang menyukaimu tidak butuh itu. Dan yang membencimu tidak percaya itu (Ali bin Abi Thalib)”**

**“ Manfaatkanlah Lima Hal Sebelum Datang Lima Hal : Masa Mudamu Sebelum Masa Tuamu, Masa Sehatmu Sebelum Masa Sakitmu, Masa Kecukupanmu Sebelum Masa Miskinmu, Masa Luangmu Sebelum Masa Sibukmu Dan Masa Hidumu Sebelum Masa MATI-mu”**

***“ Menjadi BAHAGIA bukan berarti segalanya sempurna. Bahagia itu ketika kita memutuskan untuk melihat segala sesuatu secara sempurna meski itu dari ketidaksempurnaan”***

## KATA PENGANTAR

### **Assalamualaikum wr.wb**

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyusun dan menyelesaikan penelitian serta penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Suhu Stek dan Tekanan Balik terhadap *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) Menggunakan Katalis Pt/C dan CoFe/N-C” shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga dan sahabatnya.

Proses penyusunan dalam menyelesaikan skripsi ini penulis sangat menyadari mendapat banyak dukungan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak baik materi maupun moril. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan bapak **Drs. Almunady T.Panagan, M.Si** atas segala bimbingan, motivasi, saran, petunjuk, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan penulisan skripsi ini hingga selesai, juga kepada Universitas Sriwijaya atas bantuan fasilitas dalam penelitian.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan lancar.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si Selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Addy Rachmat, M.Si Selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Desnelli, M.Si selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak Zainal Fanani, M.Si, Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si dan Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si selaku dosen pembahas dan penguji sidang sarjana, terima kasih saran dan masukannya untuk penulis.

7. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku koordinator seminar dan sidang Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Seluruh Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Admin dan Analis Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas bantuan yang ikhlas kepada penulis.
10. Teruntuk pak Dr. Dedi Rohendi, M.T terkhusus sebagai motivatorku dan orang tua keduaku selama penelitian di PUR, terimakasih untuk setiap masuknya, segala ilmunya. Terimakasih untuk semuanya pak semoga setiap kebaikan yang bapak berikan terbalaskan dengan yang lebih baik oleh Allah SWT.
11. Kedua orang tuaku bapak dan ibu, terima kasih telah mendukungku dalam menyelesaikan skripsiku, terimakasih sudah mau mendengarkan keluh kesahku selama aku mengenyam pendidikan, terimakasih sudah memotivasiku, terima kasih atas dukungan kalian baik dalam materi maupun moral. Maaf karna dulu aku hampir ingin menyerah
12. Adik-adikku Wina, Winda, Windy dan Windry walaupun kalian kadang ngeselin tapi disisi lain kalian adalah penyemangatku setiap pulang liburan hheehe
13. Pakwo dan Makwo, terima kasih atas kasih sayang yang diberikan, terima kasih dukungan kalian selama ini, terima kasih telah mengurusku selama masa kuliah. Terima kasih karna selalu mengkhawatirkan cucu kalian ini hehheh
14. Om Iwan oom terrr terrr pokoknya, terima kasih bantuannya selama ini. Mulai dari awal daftar kuliah hingga masa perkuliahan dan
15. sampai akhir perkuliahan selalu mensupportku semoga kebaikan oom selama ini dibalas Allah SWT lebih om, dan juga tengkyuu selalu antar jemput setiap libur sampai izin kerja hehheeh kapan nikah om udah 2021 nii masih sendiri wkwkkw
16. Bi Sari sekaligus kawan julid, terima kasih support nya selama ini, terima kasih juga untuk cerita-cerita unfaedahnya selama ini hehhehe



17. Sahabat ku yang telah menemaniku awal kuliah hingga akhir masa perkuliahanku, terima kasih atas hari-hari yang kita lewati bersama. Terima kasih untuk kehangatan, kelucuan dan kekonyolan yang selama ini kalian berikan hheheh sayang kalian banyak-banyak (Rani (Khairani), Sully (Bisulll) , Rani (Nurul) dan Seprina nan jauh disana terima kasih :))
18. Terima Kasih Umak Ther (Thery Utary) sekali lagi menjadi cerita dalam perjalanan sekolahku mulai dari SMK hingga kejenjang perkuliahaku, bestiieeee seperSMK'an salah satu support system jarak jauhku sayang banyak-banyak umakkk.
19. Makasih untuk waktu bareng-bareng diakhir masa perkuliahan, makasih udah bantu tiap kali aku ngalamin kesulitan , makasih sudah ngurusuin aku seperti keluarga sendiri, makasih perhatiannya selama ini semoga dibalas sama Allah SWT (Yuni Artika).
20. Adik Asuhku Rezonsi yang punya kepribadian yang sama (sama-sama pemalu & pendiem wkwkkw) makasih sudah ngasih semangat kakak
21. Bias-Bias per-Kpopanku yang juga turut andil dalam mood ku mengerjakan skripsi, terimakasih wkwkwk :D
22. Teman-teman MIKI angkatan 2016 yang sudah menjadi bagian dari kisah kuliahku ( Rani, Rani, Bisull, Ayuhar, Dita, Nur, Yuni, Esis, Juwita, Fiko, Agathis, Uswatun, Yusri, Lepa dan lain-lain).
23. Tim PUR angkatan 16 ( Yuni, Gulam, Dhoan, Hilal, Hafidz, Novia, Agathis, Uwid, Juwita, Renza, Faisal dan lain-lain).
24. Teman-teman KKN desa Manggul ( Sindi, Sella, Baqir, Denny , Didin, Eka, Eko, Hanny & Okthi).
25. Tim PUR angkatan 2017 ( Ayu, Vadia, Roma, Oik, Dilla, Nimyo dan lain-lain)
26. Kakak-kakak Tim PUR (Kak Dwi, Kak Icha, Kak Dhea, Kak Reka) makasih sudah bantu dalam proses penelitian sampai dengan pembuatan skripsi, semuanya kecuali kk dheee semoga cepat ketemu jodoh kak wkwkwk kk icha juga semoga segera dihalalkan sama yang nan jauh disana.

27. Kak Dwi Hawa sebagai mentor dari awal penelitian, makasih ilmu yang dikasih selama penelitian kak, semoga ilmunya tetap bermanfaat bagi banyak orang Aamiin. Semoga dilancarkan juga untuk jodohnya ya kak hehehe. Soon 2023 married lah yo kak wkwkwk (Semoga terkabulkan nian doa yang ini) wkwkw
28. Tim PAYOKE PANGSIT (Kak dwi, kak icha, Ayu, Yuni) Alhamdulillah rencana berjalan sesuai rencana dan tidak berakhir sebagai wacana.
29. Ter-untuk DIRI yang sudah bertahan sejauh ini, terima kasih sudah kuat melewati semuanya hingga ketitik ini. Seterusnya ayoo semakin kuat (Fighting).....

Palembang, Maret 2021



Winni Angraeni

08031381621069

## ABSTRACT

### EFFECT OF STACK TEMPERATURE AND BACK PRESSURE ON PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC) PERFORMANCE USING Pt/C AND CoFe /N-C CATALYSTS

Winni Anggraini: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, MT and Dr. Almunady T Panagan, M.Si

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University  
xi + 36 pages, 4 tables, 9 pictures, 13 appendices

Effect of stack temperature and back pressure on the performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) using Pt/C and CoFe/N-C catalysts has been done. Two electrodes were prepared using the spraying method, consisting of an anode containing a Pt/C catalyst and a cathode containing a CoFe/N-C catalyst. The electrodes were then characterized using the *Cyclic Voltammetry* (CV) method to determine the active surface area of the catalyst (*Electrochemical Surface Area/ ECSA*). The results of CV testing obtained an ECSA value of 94.336 cm<sup>2</sup>/g for electrodes with Pt/C catalyst and 43.806 cm<sup>2</sup>/g for electrodes with CoFe/N-C catalyst. In addition, the electrical conductivity of the electrodes were analyzed using the *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) method. The value of the electrical conductivity of the electrode with a Pt/C catalyst was obtained at 0.00419 S/cm and the electrode with a CoFe/N-C catalyst was 0.002315 S/cm. Effect of temperature stack on the PEMFC performance based on I-V and I-P performance curves, obtained the best operating temperature is at 50°C with a maximum power density of 2.33208 mW/cm<sup>2</sup> and a current density of 3.16 mA/cm<sup>2</sup>. Meanwhile, the effect of back pressure based on the I-V performance and I-P performance curves shows that the optimum back pressure is at 25 psi with highest power density of 2.2176 mW/cm<sup>2</sup> and a current density of 3.36 mA /cm<sup>2</sup>.

Keywords: PEMFC, CoFe/N-C, Stack Temperature, Back Pressure, *Cyclic Voltammetry*.

Citation: 47 (2000-2021)

## ABSTRAK

### PENGARUH SUHU STEK DAN TEKANAN BALIK TERHADAP KINERJA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC)* MENGGUNAKAN KATALIS Pt/C DAN CoFe/N-C

Winni Anggraini : Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan Dr. Almunady  
T.Panagan, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya  
xi + 36 Halaman, 4 Tabel, 9 Gambar, 13 Lampiran

Pengaruh suhu stek dan tekanan balik terhadap kinerja *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) menggunakan Katalis Pt/C Dan CoFe/N-C telah dilakukan. Pembuatan elektroda dengan metode penyemprotan dibuat sebanyak dua buah yang terdiri dari anoda yang mengandung katalis Pt/C dan katoda yang mengandung katalis CoFe/N-C. Elektroda selanjutnya dikarakterisasi menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk menentukan luas aktif permukaan katalis (*Electrochemical Surface Area/ECSA*). Hasil pengujian CV diperoleh nilai ECSA sebesar 94,336 cm<sup>2</sup>/g untuk elektroda dengan katalis Pt/C dan sebesar 43,806 cm<sup>2</sup>/g untuk elektroda dengan katalis CoFe/N-C. Selain itu, konduktivitas listrik elektroda dianalisis dengan menggunakan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS). Nilai konduktivitas listrik elektroda dengan katalis Pt/C didapatkan sebesar 0,00419 S/cm dan elektroda dengan katalis CoFe/N-C sebesar 0,002315 S/cm. Pengaruh suhu stek terhadap kinerja PEMFC berdasarkan kurva I-V *performance* dan I-P *performance*, diperoleh suhu operasional terbaik adalah pada 50°C dengan densitas daya maksimum sebesar 2,33208 mW/cm<sup>2</sup> dan densitas arus sebesar 3,16 mA/cm<sup>2</sup>. Sementara itu, pengaruh tekanan balik berdasarkan kurva I-V *performance* dan I-P *performance* didapatkan bahwa tekanan balik optimum pada 25 psi dengan densitas daya tertinggi sebesar 2,2176 mW/cm<sup>2</sup> dan densitas arus sebesar 3,36 mA/cm<sup>2</sup>.

Kata Kunci : PEMFC, CoFe/N-C, Temperatur Stek, Tekanan Balik, *Cyclic Voltammetry*.

Sitasi : 47 (2000-2021)

## DAFTAR ISI

	Halaman
<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 TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
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> .....	4
2.1 Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i> .....	5
2.2 <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> (PEMFC).....	5
2.3 Struktur <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> (PEMFC) .....	6
2.3.1 Plat Bipolar .....	6
2.3.2 Gasket .....	7
2.3.3 <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA) .....	7
2.3.3.1 Membran Nafion .....	8
2.3.3.2 Elektroda .....	9
a. <i>Gas Diffusion Layer</i> (GDL).....	9
b. Lapisan Katalis .....	9
2.3.3.3 Plat Penutup.....	11
2.4 Karakterisasi Katalis .....	11
2.4.1 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	11
2.4.2 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS).....	12
2.5 Hidrogen sebagai Bahan Bakar.....	12

2.6 Kurva Polarisasi .....	13
2.6.1 Polarisasi aktivasi ( <i>Activation Polarization</i> ) .....	13
2.6.2 Polarisasi Ohmik ( <i>Ohmic Polarization</i> ) .....	13
2.6.3 Polarisasi Konsentrasi ( <i>Concentration Polarization</i> ) .....	14
2.7 Pengaruh Kondisi Operasi terhadap Kinerja PEMFC .....	14
2.7.1 Suhu Stek .....	14
2.7.2 Tekanan Balik .....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.3 Prosedur Percobaan .....	16
3.3.1 Pembuatan Eletroda .....	16
3.3.1.1 Penyiapan GDL .....	16
3.3.1.2 Pembuatan Elektroda Katalis Pt/C dan CoFe/N-C Menggunakan Metode Penyemprotan .....	17
a. Pembuatan Elektroda dengan Katalis Pt/C sebagai Anoda .....	17
b. Pembuatan Elektroda dengan Katalis CoFe/N-C Sebagai Katoda .....	17
3.3.2 Karakterisasi Elektroda Pt-Ru/C dan CoFe/N-C .....	18
3.3.2.1 Pengujian Sifat Elektrokimia Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	18
3.3.2.2 Pengukuran Konduktivitas Elektrik Menggunakan Metode <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) .....	18
3.4 Pembuatan MEA .....	18
3.5 Pengujian Kinerja MEA pada PEMFC dengan Pengaruh Suhu Stek dan Tekanan Balik .....	19
3.5.1 Pengaruh Suhu Stek Terhadap Kinerja MEA .....	19
3.5.2 Pengaruh Tekanan Balik Terhadap kinerja MEA .....	19
3.6 Analisa Data .....	20
3.6.1 Analisis Karakterisasi Elektroda PEMFC .....	20
3.6.1.1 Analisis <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	20
3.6.1.2 Analisis Konduktivitas Elektrik .....	20

3.6.2 Analisi Kinerja MEA .....	21
3.6.2.1 Analisis Suhu Stek Terhadap Kinerja MEA.....	21
3.6.2.2 Analisis Tekanan Balik Terhadap Kinerja MEA ..	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Pembuatan Elektroda dan MEA menggunakan Metode Penyemprotan (Spraying) .....	22
4.2 Karakterisasi Elektroda.....	23
4.2.1 Karakterisasi Permukaan Elektroda.....	23
4.2.2 Hasil Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda Menggunakan Cyclic Voltammetry (CV) .....	24
4.2.3 Hasil Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda Menggunakan <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS) .....	25
4.3 Pengujian kinerja MEA pada PEMFC .....	27
4.3.1 Pengaruh Suhu Stek Terhadap Kinerja MEA .....	27
4.3.2 Pengaruh Tekanan Balik Terhadap Kinerja MEA.....	30
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>39</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Nilai konduktivitas dari elektroda Pt/C dan CoFe/N-C .....	26



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1	Komponen PEMFC yang disuplai Hidrogen dan Oksigen ..... 5
Gambar 2	Struktur PEMFC ..... 6
Gambar 3	<i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA) ..... 23
Gambar 4	Permukaan Elektroda ..... 23
Gambar 5	Kurva Voltamogram antara Tegangan Terhadap Arus ..... 24
Gambar 6	Kurva <i>Nyquist</i> Elektroda Pt/C dan Elektroda CoFe/N-C ..... 25
Gambar 7	Kinerja MEA pada Suhu Bervariasi ..... 27
Gambar 8	Grafik Nilai Densitas Maksimum pada masing-masing Variasi Suhu ..... 28
Gambar 9	Kurva Pengaruh Suhu Stek Terhadap Densitas Daya pada Tegangan yang Berbeda ..... 29
Gambar 10	Kinerja MEA pada Suhu Bervariasi ..... 30
Gambar 11	Grafik Nilai Densitas Maksimum pada masing-masing Variasi Tekanan Balik ..... 31
Gambar 12	Kurva Pengaruh Tekanna Balik Terhadap Densitas Daya pada Tegangan yang Berbeda ..... 32

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema Pembuatan Elektroda .....	40
Lampiran 2 Tabel dan Kurva Hasil Pengukuran <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)....	42
Lampiran 3 Data EIS dan Hasil Nilai Konduktivitas .....	45
Lampiran 4 Tabel Nilai Data Hasil Pengolahan Pengaruh Suhu Stek .....	47
Lampiran 5 Tabel Nilai Data Hasil Pengolahan Pengaruh Tekanan Balik .....	48
Lampiran 6 Gambar Alat dan Bahan .....	49

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan sumber daya yang sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari misalnya sebagai bahan bakar fosil, energi mekanik, energi listrik dan energi panas. Penggunaan sumber daya yang secara terus-menerus dapat menyebabkan menipisnya cadangan minyak bumi, ketidakstabilan harga dan polusi gas rumah kaca akibat dari pembakaran bahan bakar fosil (Siswanti dan Sanjaya, 2016). Salah satu alternatif yang dapat mengatasinya yaitu *fuel cell* karena memiliki prospek yang baik sebagai solusi perangkat dan sistem konversi energi. *Fuel cell* merupakan suatu perangkat yang membangkitkan energi listrik berdasarkan reaksi elektrokimia antara hidrogen dan oksigen (Leksono dkk, 2012).

Salah satu jenis *fuel cell* yang digunakan yaitu *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC). PEMFC mempunyai kelebihan pada densitas daya yang tinggi, bersifat modular, beroperasi pada temperatur yang rendah (50-100°C) sehingga dapat mempercepat waktu untuk memulainya (Wisojodharmo dkk, 2012). Salah satu komponen terpenting pada PEMFC adalah *Membrane Electrode Assembly* (MEA) yang merupakan membran yang diapit oleh dua elektroda pada kedua sisi yaitu elektroda anoda dan elektroda katoda (Rohendi *et al.*, 2016).

Pembuatan elektroda juga dipengaruhi oleh beberapa hal yang dapat membuat hasil kinerja MEA lebih baik diantaranya kandungan katalis serta metode yang digunakan untuk membuat elektroda. Penggunaan katalis yang digunakan pada elektroda PEMFC umumnya katalis yang berbasis platina, karena reaksi oksidasi hidrogen dalam platina memiliki kecepatan reaksi yang lebih cepat. Dalam penelitian ini digunakan katalis Pt/C dan CoFe/N-C namun penggunaan logam platina sebagai katalis memiliki kekurangan yaitu harganya yang cukup mahal dan bersifat mudah teracun (An *et al.*, 2018), untuk mengurangi biaya dari katalis Pt/C digunakan katalis CoFe/N-C dimana katalis ini memiliki aktivitas katalitik yang hampir sama dengan Pt/C.

Secara umum, pembuatan elektroda menggunakan metode penyemprotan karena memiliki kelebihan diantaranya memiliki pori-pori yang kecil, cairan atau pasta yang digunakan lebih cair sehingga partikel-partikel yang terbentuk berukuran lebih kecil sehingga dapat mengurangi hambatan untuk mendistribusikan katalis pada seluruh luas permukaan elektroda dan juga lebih efisien dibandingkan metode *Catalyst Coated Membrane (CCM)* dan *Doctor Blade* (Zhang *et al.*, 2013).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja PEMFC diantaranya yaitu suhu stek dan tekanan balik. Dalam PEMFC dengan adanya suhu stek dapat menjaga kelembaban pada MEA serta dapat meningkatkan kinetika reaksi pada MEA sedangkan tekanan balik dapat memberikan tekanan atau dorongan dalam MEA untuk membantu meningkatkan jumlah gas hidrogen yang terdifusi ke katalis dengan memecah gas hidrogen menjadi proton. Pemberian tekanan juga perlu diperhatikan karena jika terlalu tinggi tekanan yang diberikan maka membran MEA akan rusak atau terbakar sehingga dapat mempengaruhi kinerja MEA.

Kinerja pada PEMFC dapat menggunakan kurva polarisasi yaitu kurva yang memperlihatkan hubungan antara potensial yang dihasilkan ( $V$ ) dengan rapat arus ( $J$ ). Kurva polarisasi juga dapat digunakan untuk mengetahui parameter yang mewakili setiap komponen (Fraser and Hacker, 2008). Parameter-parameter yang diperoleh dari kurva polarisasi tersebut kemudian dapat digunakan sebagai estimasi dasar untuk meningkatkan kinerja PEMFC melalui optimasi desain, sistem kontrol dan parameter operasional.

Berdasarkan penjelasan di atas dilakukan studi mengenai kinerja PEMFC terhadap suhu stek dan tekanan balik menggunakan katalis Pt/C dan CoFe/N-C. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan bagian terpenting dari PEMFC yaitu MEA dengan katalis Pt/C pada anoda dan CoFe/N-C pada katoda dengan membran elektrolit Nafion 212 dengan metode penyemprotan. Serta membahas pengaruh tekanan balik dengan variasi sebesar 5, 10, 15, 20 dan 25 psi terhadap rapat daya PEMFC melalui kurva polarisasi dengan variasi suhu stek sebesar 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C dan 80 °C.

### 1.1 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja elektroda dan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) yang menggunakan katalis Pt/C dianoda dan CoFe/N-C dikatoda pada *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) ?
2. Bagaimana pengaruh Suhu Stek dan Tekanan Balik terhadap kinerja MEA pada *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC)?

### 1.2 Tujuan Penelitian

1. Melakukan pembuatan elektroda dan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan katalis Pt/C pada anoda dan CoFe/N-C dengan pemuatan katalis masing-masing  $2 \text{ mg/cm}^2$  menggunakan metode penyemprotan.
2. Melakukan uji aktivitas katalitik elektroda PEMFC dengan menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan pengukuran konduktivitas elektrik menggunakan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
3. Mengetahui kinerja MEA PEMFC pada berbagai variasi suhu stek dan tekanan balik serta dapat menentukan parameter optimum penentu kinerja PEMFC berdasarkan pengukuran I-V dan I-P *performance*.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu stek dan tekanan balik sebagai salah satu parameter penentu kinerja MEA pada PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) serta diharapkan dapat memberikan sebuah kontribusi terhadap upaya pengembangan teknologi *fuel cell*.

## DAFTAR PUSTAKA

- An, T., Ge, X., Tham, N.N., Sumboja, A., Liu, Z and Zong, Y. 2018. Facile One-Pot Synthesis of CoFe Alloy Nanoparticles Decorated N-Doped Carbon for High-Performance Rechargeable Zinc–Air Battery Stacks. *Journal of ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 6 :7743-7751.
- Antolini, E. 2009. Carbon Supports for Low-Temperature Fuel Cell Catalysts. *Journal of Applied Catalysis B:Environmental*. 88(1-2): 1-24.
- Anggraeni, N. 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Pt-Ni/C dengan Metode Elektrodeposisi dan Impregnasi. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya : Inderalaya
- Appleby, J and Foulkes, F. 2000. *Fuel Cell Handbook*. Morgantown West Virginia: U.S Department of Energi.
- Basuli, U., Jose, J., Lee., R.H., Yoo., Y.H, Jeong, K.U., Anh, J.H and Nah, C. 2012. Properties and Degradation of the Gasket Component of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell-A Review. *Journal of Nanosci Nanotechnol*.12(10): 7641-7657.
- Bubniene, U. S., Valiuniene, A., Bucinskas, V., Genys, P., Ratautaite, V., Aksun, E., Tereshchenko, A., and Zeybek, B. 2021. Towards supercapacitors: Cyclic voltammetry and fast Fourier transform electrochemical impedance spectroscopy based evaluation of polypyrrole electrochemically deposited on the pencil graphite electrode. *Journal Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 610: 1–9.
- Cao, Z. Q., Wu, M. Z., Hu, H.B., Liang, G. J and Zhi, C.Y. 2018. Monodisperse Co<sub>9</sub>S<sub>8</sub> Nanoparticles in situ embedded within N, S-Codoped Honeycomb-Structured Porous Carbon for Bifunctional Oxygen Electrocatalyst in a Rechargeable Zn-air Battery. *Journal NPG Asia Materials*. 10(1): 670-684.
- Chatenet, M., Dubau, L., Job, N and Maillard, F. 2010. The (Electro) Catalyst Membrane in the Proton Exchange Membrane Fuel Cell: Similarities and Differences with Non-Electrochemical Catalyst Membrane Reactors. *Journal Of Catalysis Today*. 156(3-4): 76-86.
- Chen, L., Wang, Y and Tao, W. 2020. Experimental Study on the Effect of Temperature and Water Content on the Thermal Conductivity of Gas Diffusion Layers in Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Thermal Science and Engineering Progress*. 19(1): 1–4.
- Cheng, X., Peng, C., You, M., Liu, L., Zhang, Y and Fan, Q. 2006. Characterization of Catalysts and Membrane in DMFC Lifetime Testing. *Journal of Electrochimica Acta*. 51(22): 4620–4625.

- Deshpande, S. S., Khopkar, S. S and Shankarling, G. S. 2017. A Thiazoloquinoxaline Based “Turn-On” Chemodosimeter for Detection of Copper Ions. *Dyes and Pigments*. 147: 393–399.
- Fraser, S. D And Hacker, V. 2008. An Empirical Fuel Cell Polarization Curve Fitting Equation For Small Current Densities and No-Load Operation. *Journal of Applied Electrochemistry*. 38(4): 451–456.
- Fernandes, A. C and Ticianelli, E. A. 2009. Aperformance and Degradation Study of Nafion 212 Membrane for Proton Exchange Membrane Fuel Cells. *Journal of Power Sources*. 193(2): 547–554.
- Guangzai, N., Yijing, L And Yin, Y. 2019. Energy Analysis on the Water Cycle Consisting of Photo Catalyzing Water Splitting and Hydrogen Reacting with Oxygen in a Hydrogen Fuel Cell. *Chemical Physics Letters*:4 : 1-5.
- Haryati, S., Bustan ,M. D dan Asnani, I. J. 2009. Studi Effect Kinetika Katalis Platina, Paladium, Kobalt dan Nikel Terhadap Produksi Syngas di Steam Reformer PT Pusri II Palembang. *Added Value of Energy Resources*. 186-190.
- Hendrana, S., Pujiastuti, S., Sudirman., Rahayu, I dan Rustam, Y.H. 2007. Pengaruh Suhu dan Tekanan Proses Pembuatan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 8(3): 187–191.
- Hendriksen, P. V., Koch, S., Mogensen, M., Liu, Y. L and Larsen, P.H. 2003. In Solid Oxide Fuel Cell. *The Electrochemical Society Proceedings*. New Jersey.
- Hong, P., Luo F., Liao S and Zeng, J. 2011. Effect of Pt/C , Pd/C and PdPt/C Anode Catalysts on the Performance and Stabiliy of Air Breathing Direct Formic Acid Fuel Cells. *International Journal of Hydrogen Energy*.36 (14): 8518-8524.
- Jeon, S., Lee, J., Rios, GM, Kim, H.J., Lee, S.Y., Cho, E and Jang, H.J. 2010. Effect of Ionomer Content and Relative Humidity on Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC) Performance of Membrane-Electrode Assemblies (MEAs) Prepared by Decal Transfer Method. *Jurnal Internasional Energi Hidrogen*. 35(18): 9678–9686.
- Juwita. 2020. Studi Pengaruh Temperatur Humidifier dan Laju Alir Hidrogen Tergadap kinerja Proton Exchange Membran Fuel Ceell Menggunakan Katalis Pt/C dan CoFe/N-C. Universitas Sriwijaya : Inderalaya.
- Kashyap, D., Dwivedi, P. K., Pandey, J. K., Kim, Y. H., Kim, G. M., Sharma, A and Goel, S. 2014. Application of Electrochemical Impedance Spectroscopy in Bio-fuel Cell Characterization: A Review. *International*

*Journal of Hydrogen Energy*.39(35): 20159–20170.

Kim, K.H., Lee, K.Y., Lee, S.Y., Cho, E., Lim, T.H., Kim, H.J., Yoon, S.P., Kim, S.H., Lim, T.W and Jang, J.H. 2010. The Effects of Relative Humidity on the Performances of PEMFC Meas with Various Nafion Ionomer Contents. *International Journal of Hydrogen Energy*. 35(23): 13104–13110.

Larminie, J And Andrew, D. 2003. *Fuel Cell Systems Explained*. British Library : London England.

Leksono, E., Pradipta, J. and Tamba, T. A. 2012. Modelling And Identification of Oxygen Excess Ratio of the of Self-Humidified Pem Fuel Cell System Pemodelan. *Journal of Mechatronics Electrical Power and Vehicular Technology*. 3(1): 39–48.

Li, H and Canada,C. 2015. Effect of Operating Back Pressure on PEM Fuel Cell Performance. *Journal ECS Transactions*. 19(31):1-13.

Li, Y. 2012. Thermodynamic Analysis of Polymer-Electrolyte-Membrane FuelCell Performance Under Varying Cooling Conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*. 37(14): 10798–10806.

Listiani, E. D dan Raharjo. J. 2008. Perbandingan Grafit Bipolar Plate Model Parallel dan Serpentine Sebagai Komponen Separator pada PEMFC. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*. 47–50.

Madry, B and Nowicki, M. 2018. Sulfate Adsorption on Copper: from up to Bulk Copper on Au(111). *Encyclopedia of Interfacial Chemistry: Surface Science and Electrochemistry*. 1:281-291.

Majlan, E. H., Rohendi, D., Daud, W. R. W., Husaini, T and Haque, M. A. 2018. Electrode for Proton Exchange Membrane Fuel Cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 89: 117–134.

Mathur, R. B., Maheshwari, P. H., Dhami, 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. *Journal of Electrochimica Acta*. 52(14) : 4809–4817.

Miller, M and Bazylak, A. 2011. A Review of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stack Testing. *Journal of Power Sources*. 196(2) : 601–613.

Moreira, J., Sebastian, P. J., Ocampo, A. L., Castellanos, R. H., Cano, U and Salazar, M. D. 2002. Dependence of PEM Fuel Cell Performance on the Configuration of the Gas Diffusion Electrodes. *Journal Of New Materials for Electrochemical System*. 5(3) : 173-175.



- Okaya, K., Yano, H., Uchida, H and Watanabe, M. 2010. Control of Particle Size of Pt and Pt Alloy Electrocatalysts Supported on Carbon Black by the Nano Capsule Method. *Journal ACS Applied Materials and Interfaces*. 2(3): 888-895.
- Qi, Z. and Kaufman, A. 2002. Improvement of Water Management by A Microporous Sublayer for PEM Fuel Cells. *Journal of Power Sources*. 109(1) : 1–9.
- Rohendi, D., Majlan, E.H., Mohamad, A.B., Shyuan, L.K and Raharjo, J. 2016. Comparison of the Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Electrodes with Different Carbon Powder Content and Methods of Man Ufature. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 1(3): 61–66.
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Wan Daud, W. R., Hassan K., Abdul A., and Shyuan, L. K. 2013. Characterization of Electrodes and Performance Tests on MEAs with Varying Platinum Content and Under Various Operational Conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*. 38(22): 9431–9437.
- Rohendi, D 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): 1-5.
- Rohendi, D., Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Daud, W. R.W., Kadhum, A. A.H and Shyuan, L. K. 2015. Effects of Temperature and Back Pressure on the Performance Degradation of MEA in PEMFC. *International Journal of Hydrogen Energy*. 40(34): 10960–10968.
- Sallami, A., Mzoughi, D and Mami, A. 2019. Robust Diagnosis of a Proton Exchange Membrane Fuel Cell using Bond Graph Methodlogy Physical and Electrical Faults Detection andIsolation.*Research Journal Advances in Science and Technology*.13(4): 194–203.
- Siswanti, A. C and Sanjaya, I. G. M. 2016. Effect of Variation of Optical Density Bacillis Subtilis to Microbial Fuel. *UNESA Journal of Chemistry*. 5(3): 123–127.
- 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.
- Sugito, H and Mujasam. 2009. Konduktivitas Listrik Pulp Kakao dengan Fermentasi dan Pengenceran. *Berkala Fisika*. 12(3): 93–98.

- Wang, Z, 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.
- Wilson, P. 1995. Unused Relevant Information in Research and Development. *Journal of the American Society for Information Science*. 46(1): 45–51.
- Wisojodharmo, L. A., Arti, D. K and Dewi, E. L. 2012. Pendahuluan Karakterisasi Grafit Matriks Polistiren sebagai Material untuk Separator Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 14(2): 103–107.
- Yulianti, D.H., Rohendi, D., Syarif, N and Rachmat, A. 2016. Performance Test of Membrane Electrode Assembly In DAFC Using Mixed Methanol and Ethanol Fuel with Various Volume Comparison. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 4(3):139-142.
- Zhang, J., Song, C., Zhang, J., Baker, R and Zhang, L. 2013. Understanding the Effects of Backpressure on PEM Fuel Cell Reactions and Performance. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 688(2): 130–136.