

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI *MICROPOROUS LAYER* (MPL)
PADA *CARBON PAPER* (CP) SEBAGAI *GAS DIFFUSION LAYER* (GDL)
UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC)
DENGAN METODE *SCREEN PRINTING***

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Sains



Oleh

SUSI SUDARMI

NIM : 08306144012

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2012**

PERSETUJUAN

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI *MICROPOROUS LAYER* (MPL)
PADA *CARBON PAPER* (CP) SEBAGAI *GAS DIFFUSION LAYER* (GDL)
UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC)
DENGAN METODE *SCREEN PRINTING***

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Telah Memenuhi Persyaratan dan Siap Untuk Diuji

Disetujui pada Tanggal

5 Oktober 2012

Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Holia Onggo
NIP.195209141985032001

Dosen Pembimbing II



Rita Prasetyowati, M.Si
NIP.198007282006042001




PENGESAHAN

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI *MICROPOROUS LAYER* (MPL)
PADA *CARBON PAPER* (CP) SEBAGAI *GAS DIFFUSION LAYER* (GDL)
UNTUK *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* (PEMFC)
DENGAN METODE *SCREEN PRINTING***

oleh
Susi Sudarmi
NIM 08306144012
Fisika

Skripsi ini telah diuji di depan Dewan Penguji Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, pada tanggal 5 Oktober 2012 dan dinyatakan lulus

Susunan Dewan Penguji

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ir. Holia Onggo NIP.195209141985032001	Ketua penguji	
Rita Prasetyowati, M.Si NIP.198007282006042001	Sekretaris penguji	
Suparno, Ph.D. NIP.196008141988031003	Penguji I	
Dr. Heru Kuswanto NIP.196111121987021001	Penguji II	

Yogyakarta , Oktober 2012
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Susi Sudarmi

NIM :08306144012

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul penelitian : Preparasi Dan Karakterisasi *Microporous Layer* (MPL) pada *Carbon Paper* (CP) Sebagai *Gas Diffusion Layer* (GDL) untuk *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dengan Metode *Screen Printing*.

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil penelitian serta karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi meteri yang dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan studi pada Universitas lain, kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lebih lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggungjawab saya.

Yogyakarta, Oktober 2012

Yang menyatakan



Susi Sudarmi

NIM 08306144012

MOTTO

- 🌀 Jangan difikir derita akan berpanjangan, kelak akan membawa putus asa pada Tuhan. Ingatlah biasanya kabut tak berpanjangan, setelah kabut berlalu pasti cerah kembali. Ujian adalah tarbiah dari Allah. Apakah kita akan sabar ataupun sebaliknya karna setiap ujian itu akan berlalu apabila dilalui dengan kesabaran.
- 🌀 Tidak ada air mata, peluh, rasa lelah. Yang tidak membuahkan hasil. Hanya rasa bosan dan ketidakmampuan diri yang membuat kita jatuh. Maka jangan berhenti. Jangan menyerah. Karna kita pasti bisa.
- 🌀 Orang sukses sejatiyaitu seperti tanaman yang mengeluarkan tunasnya maka tunas itu akan menjadi tanaman kuat lalu menjadi besarlah dia dan tegak lurus diatas pokoknya; tanaman itu menyenangkan hati penanam-penanamnya....(QS . Al-Fath 29).
- 🌀 Lakukan segala sesuatu dengan ikhlas dan sungguh – sungguh, pasti akan membuahkan hasil yang manis, “ *innamal a'maalu bin niyyat, wa innamaa likullimri iin maa nawaa*” “sesungguhnya setiap orang akan mendapatkan apa yang ia niatkan (Hadist Bukhari)

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam, karya kecil ini kupersembahkan kepada :

- ✚ Bapak (Mulyotarjono) dan ibuku tercinta (Sani) terimakasih atas segala kasih sayang, do'a dan bimbingan yang mungkin ananda tidak sanggup untuk membalasnya, do'a dan bimbinganmu kuharapkan selalu.
- ✚ Teruntuk “Abi” yang selalu ada setiap saat, menemani disetiap suka maupun duka, terimakasih atas kebersamaan kita, do'a yang selalu yang selalu mengiringi perjalanan ini, motivasi, nasehat, kepercayaan dan semua yang telah engkau berikan. Semoga kedepannya kebersamaan lebih terjaga.
- ✚ Ir.Holia Onggo dan Rita Prasetyowati yang mau meluangkan waktunya dan bimbingannya. Terimakasih atas semua yang telah ibu berikan. Semoga jalinan silaturahmi tetap terjalin.
- ✚ Keluarga besarku terimakasih atas doa dan motivasinya
- ✚ Almamaterku Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan bekal ilmu pemngetahuan untuk membangun negeri
- ✚ Sahabat-sahabatku FNR '08, terimakasih atas dukungan, semangat,dan do'a yang selama ini mengiringi hari-hariku. Terimakasih telah memberi banyak keceriaan, semangat, warna, dan dukungan dalam hidupku
- ✚ Teman-teman kost yang selalu memberikan keceriaan, motivasi, rasa berbagi.

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI *MICROPOROUS LAYER* (MPL) PADA
CARBON PAPER (CP) SEBAGAI *GAS DIFFUSION LAYER* (GDL) UNTUK
PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEMFC) DENGAN METODE
*SCREEN PRINTING***

oleh
Susu Sudarmi
NIM 08306144012

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *carbon loading* dan *FEP content* pada MPL, serta mengetahui pengaruh ketebalan MPL terhadap konduktivitas, hidrofobisitas dan porositas. Pelapisan untuk menghasilkan MPL yang mampu menopang CL sehingga tinta katalis tidak jatuh pada CP dan mengetahui distribusi pori melalui struktur morfologi. Pembuatan MPL pada CP dengan metode *screen printing* untuk memperoleh MPL yang bagus dan melakukan studi lanjutan, untuk mengetahui kemungkinan MPL mampu mengalirkan gas sehingga dapat digunakan sebagai komponen PEMFC.

Penelitian ini dimulai dari mempreparasi CP. Kemudian membuat MPL dari campuran XC-72, MWCNT dan FEP dengan perbandingan 7:3. Pasta MPL dibuat dengan mencampurkan XC-72 dan MWCNT, kemudian melakukan sonikasi, dilanjutkan dengan menambahkan FEP lalu menstirer semalaman. Setelah itu melapiskan pasta MPL pada CP menggunakan metode *screen printing* dengan variasi ketebalan MPL 2, 4, dan 6 layer. Pelapisan dilakukan dengan menuangkan pasta MPL pada *screen*, kemudian meratakan dengan rakel, lalu mengeringkan lapisan pada suhu 270°C. Selanjutnya membuat tinta katalis dari Pt/C dan nafion dengan perbandingan 65:35. Mensonikasi tinta selama 1 jam. Kemudian melapiskan tinta katalis diatas MPL lalu mengekseringkan pada suhu 70°C. Terakhir, mengkarakterisasi lapisan dengan *Impedance Bridge*, *Hg Porosimetry*, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Half Angle Tech*, dan *Cyclic Voltammetry*.

MPL yang divariasi jumlah *layer* 2, 4 dan 6 memiliki *carbon loading* yaitu 0,7 mg/cm²; 1,1 mg/cm²; 1,4 mg/cm² dan *FEP content* yaitu 0,3 mg/cm²; 0,5 mg/cm²; 0,6 mg/cm². Konduktivitas berturut-turut 40 x 10⁻²(Ω cm)⁻¹; 37 x 10⁻²(Ω cm)⁻¹; dan 33 x 10⁻²(Ω cm)⁻¹, sehingga semakin tebal MPL maka konduktivitas menurun. Hidrofobisitas MPL memiliki sudut kontak sebesar 129°, maka ketebalan MPL tidak mempengaruhi hidrofobisitas, tetapi dengan adanya MPL meningkatkan hidrofobisitas. Porositas berturut-turut 57%; 56%; dan 53%, semakin tebal MPL maka porositas menurun. MPL yang dihasilkan mampu menopang tinta katalis. Metode *screen printing* dapat digunakan untuk membuat MPL pada CP dengan hasil yang bagus. MPL yang dibuat mampu mengalirkan gas. Oleh karena itu, MPL ini dapat digunakan sebagai komponen elektroda dalam PEMFC.

Kata kunci: *microporous layer*, *screen printing*, *gas diffusion layer*, *carbon paper*.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah S.A.W, seluruh keluarganya, para sahabatnya, dan siapa saja yang mengikutinya. Hanya karena taufiq dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Preparasi dan Karakterisasi *Microporous Layer* (MPL) pada *Carbon Paper* (CP) Sebagai *Gas Diffusion Layer* (GDL) untuk *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dengan Metode *Screen Printing*”.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan peran serta berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberi dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Suparno, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Yosaphat Sumardi, selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Ibu Ir. Holia Onggo, selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing, memberi petunjuk, arahan, dan masukan yang sangat membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar.
5. Ibu Rita Prasetyowati, M.Si, selaku pembimbing pendamping yang senantiasa memberikan masukan, bimbingan dan arahan.

6. Bapak Dr. Ariswan, selaku Penasihat Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan.
7. Seluruh Dosen, Karyawan Prodi Fisika dan Pusat Penelitian Fisika LIPI Bandung yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Adik –adik SMK N 7 Bandung ,yang mengajarkan tentang alat-alat dilaboratorium dan tehnik analis. Sehingga dapat melaksanakan eksperimen dengan baik.
9. Teman-teman seperjuangan Fisika angkatan '08 kelas E dan kelas B yang telah membantu dan berjuang bersama sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Teman-teman kos yang tercinta (ebi, vika, isni) yang telah memberikan doa bantuan semangat sehingga skripsi ini dapat selesai.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan menjadi catatan amal tersendiri bagi kita dihari perhitungan kelak dan semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, namun penulis berharap skripsi ini tetap bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Yogyakarta, Oktober 2012

Penulis

Susi Sudarmi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Perumusan Masalah	3
D. Batasan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i> (PEMFC).....	6
B. <i>Carbon Paper</i> (CP)	7
C. <i>Microporous Layer</i> (MPL).....	8
D. Karakter <i>Microporous Layer</i> (MPL)	11
1. Konduktivitas	11
2. Hidrofobisitas.....	11
3. Porositas.....	12
E. <i>Catalyst Layer</i> (CL)	13
F. Metode <i>Screen Printing</i>	16

G. Karakterisasi Fisik	19
1. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	19
2. <i>Contact Angel</i>	20
3. <i>Hg Porosimetry</i>	20
4. <i>Impedance Bridge</i>	21
5. <i>Cyclic Voltammetry</i>	22

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Variabel.....	25
C. Bahan	25
D. Alat.....	25
E. Rancangan Formula	26
F. Diagram Alir	27
G. Pembuatan <i>Microporous Layer</i> (MPL) dan <i>Catalyst Layer</i> (CL)	28
H. Karakterisasi <i>Microporous Layer</i> (MPL)	29

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. <i>Carbon Loading</i> dan <i>FEP Content</i>	35
B. Pengaruh Ketebalan <i>Microporous Layer</i> (MPL) terhadap Konduktivitas, Porositas dan Hidrofobisitas.....	36
1. Konduktivitas.....	37
2. Hidrofobisitas (Sudut Kontak).....	38
3. Porositas.....	39
C. Struktur Morfologi <i>Microporous Layer</i> (MPL).....	42
D. Metode <i>Screen Printing</i>	46
E. Studi Lanjutan untuk Mengetahui Kemungkinan <i>Microporous Layer</i> (MPL) yang Dibuat Mampu Mengalirkan Gas sehingga Dapat Digunakan dalam sebagai Komponen Elektoda dalam PEMFC	46
1. <i>Energy-Dispersive X-Ray</i> (EDX)	47
2. <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	50
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN A dan B.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Komponen PEMFC.	7
Gambar 2	Skema Diagram GDL untuk PEMFC.	8
Gambar 3	Struktur Katoda dengan MPL.	9
Gambar 4	Potograf Dari Tetesan Air pada <i>Carbon Paper</i> . (a) <i>Carbon Paper</i> Tanpa Pelapisan . (b) <i>Carbon Paper</i> yang Dilapisi Dengan PTFE Dan (c) <i>Carbon Paper</i> yang Dilapisi Dengan HTTS.	12
Gambar 5	(a) tinta katalis dengan metode <i>solution ionomer</i> , (b) tinta katalis dengan metode <i>colloidal ionomer</i> .	15
Gambar 6	Skema proses screen print sebelum, selama, dan setelah pencetakan.	16
Gambar 7	<i>Voltamogram</i> hubungan potensial vs <i>current</i> .	23
Gambar 8	Diagram alir penelitian.	27
Gambar 9	Hubungan antara <i>carbon loading</i> dan <i>FEP content</i> dengan jumlah layer.	35
Gambar 10	Fotograf tetesan air pada (a) CP (b) CP+FEP (c) GDL 2, 4, 6.	38
Gambar 11	Grafik hubungan <i>pressure</i> dengan (a) <i>Cumulative Intrusion</i> . (b) <i>pore diameter</i> pada GDE6*	40
Gambar 12	Pencitraan SEM permukaan melintang (a) CP (b) GDL2 , (c) GDL4, (d) GDL6	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Tebal masing- masing komponen pada GDE	8
Tabel 2	Ukuran Diameter Pori	13
Tabel 3	Porositas Tiap Komponen	13
Tabel 4	Tegangan permukaan pada beberapa pelarut yang sering digunakan	17
Tabel 5	<i>Vapor pressure</i> pelarut	18
Tabel 6	Hubungan ukuran screen (T) dengan volume yang terjatuh pada screen	19
Tabel 7	Komposisi pasta MPL dan tinta katalis	27
Tabel 8	Data kandungan komposisi pada variasi jumlah layer MPL	35
Tabel 9	Data konduktivitas, sudut kontak, dan porositas pada CP,CP+FEP, GDL 2 , GDL4, dan GDL6	36
Tabel 10	Data porositas GDE6 dengan Hg <i>porosimetry</i>	40
Tabel 11	Distribusi pori GDE 6	41
Tabel 12	Data komposisi GDE6 Pt loading 0.1 mg/cm ²	47