

Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya

DEDI ROHENDI¹⁾, YULINAR ADNAN²⁾

¹⁾Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, Indonesia

INTISARI: Telah dilakukan penelitian Pembuatan Elektroda *Fuel Cell* dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C yang dilanjutkan dengan karakterisasi konduktivitas dan massa terdeposisi. Penelitian diawali dengan membuat *backing layer* dari substrat karbon dengan pengikat *teflon emulsion* dengan perbandingan karbon dan *teflon emulsion* 1 : 1, kemudian dikarakterisasi konduktivitasnya. Elektroda *Fuel Cell* dibuat dengan melakukan elektrodeposisi larutan platina ($\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan larutan krom ($\text{CrCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) pada *backing layer* dengan konsentrasi bervariasi pada beda potensial 7,5 Volt dan waktu 10 menit. Hasil pengamatan konduktivitas *backing layer* menunjukkan bahwa *backing layer* yang dibuat sudah memenuhi syarat sebagai *backing layer fuel cell* dengan konduktivitas rata-rata sebesar $1,8133 \cdot 10^{-1}$ mhos untuk permukaan dan $2,397 \cdot 10^{-2}$ mhos untuk konduktivitas penampangnya. Hasil elektrodeposisi Pt dan Cr pada *backing layer* untuk membuat elektroda Pt-Cr/C dan Pt pada *backing layer* untuk membuat elektroda Pt/C menunjukkan konduktivitas elektrik permukaan mengalami kenaikan, sementara konduktivitas penampangnya tidak mengalami kenaikan secara signifikan. Hasil elektrodeposisi juga menunjukkan bahwa massa katalis Pt dan Cr terdeposisi paling banyak dalam elektroda Pt-Cr/C diperoleh pada komposisi massa Pt : Cr = 40 : 60 dan massa katalis Pt terdeposisi paling banyak dalam elektroda Pt/C diperoleh pada massa Pt = $0,6 \text{ mg/cm}^2$.

KATA KUNCI: Pt-Cr/C, Pt/C, *Backing layer*

Mei 2010

1 PENDAHULUAN

Krisis energi dan krisis lingkungan yang melanda dunia memaksa para ilmuwan untuk mencari sumber energi yang memadai secara kualitas dan kuantitas serta ramah lingkungan. Salah satu teknologi energi alternatif yang mempunyai prospek untuk masa mendatang adalah fuel cell (sel bahan bakar) yang mengkonversi energi kimia dari bahan bakar dan oksidan menjadi energi listrik secara langsung.

Diantara keunggulan fuel cell dibandingkan dengan sumber energi konvensional adalah: merupakan sumber energi bersih dengan tingkat polusi yang sangat rendah; tidak bising; bahan bakar beragam; mempunyai efisiensi konversi energi yang lebih baik dan lebih responsif; memiliki tingkat keandalan lebih tinggi dan perawatan yang mudah serta bersifat modular sehingga aplikasi fuel cell cukup luas mulai dari aplikasi portable, rumah tangga, transportasi hingga utilitas^[1].

Salah satu komponen penting yang menentukan kinerja dari fuel cell adalah elektroda tempat terjadinya reaksi katalitik pengubahan bahan bakar (H_2 atau lainnya) dan oksidan (O_2 atau udara) menjadi air dan

energi listrik^[2].

Ada beberapa metode pembuatan elektroda fuel cell yang telah dikembangkan, diantaranya metode *casting*^[3], *spraying* dan metode elektrodeposisi^[4,5]. Metode elektrodeposisi merupakan metode penempatan katalis pada substrat secara elektrokimia. Diantara keunggulan dari metode elektrodeposisi adalah penempatan katalis berukuran nanometer dan distribusi lebih merata sehingga dapat mereduksi jumlah katalis yang ditempatkan tapi meningkatkan utilitas dari katalis. Hal ini pada akhirnya dapat meningkatkan kinerja dan menekan biaya produksi fuel cell.

Katalis yang digunakan dalam elektroda fuel cell umumnya katalis berbasis platina. Akan tetapi, selain katalis tunggal platina, pemakaian logam golongan transisi lain selain platina dilaporkan digunakan sebagai katalis pendukung platina. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan fungsi katalitik elektroda dan mengurangi kandungan platina. Penggunaan krom sebagai katalis fuel cell telah dilakukan oleh Luczak dan Landsman^[6] dalam bentuk paduan tiga logam Pt, Cr dan Co dengan metode *casting*

2 EKSPERIMEN

2.1 Penyiapan Alat dan Bahan

1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan meliputi oven, furnace, desikator, cetakan *backing layer*, cawan cruss, bejana elektrodeposisi, anoda, amperemeter dan voltmeter, pencatat waktu dan suhu, alat-alat gelas, pinset dan spatula.

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah: Karbon Aktif sebagai substrat *backing layer*, Polytetrafluoroetylen (PTFE) powder 1 mikron sebagai binder dan untuk meningkatkan kehidrofobikan elektroda, $H_2PtCl_6.6H_2O$ sebagai bahan katalis, H_2CrO_4 sebagai bahan katalis pendukung dan, isopropanol serta glyserin untuk membuat teflon emulsion.

2.2 Pembuatan dan Karakterisasi *Backing Layer*

1. Aktivasi Bubuk Karbon

Sebelum digunakan, karbon aktif dipanaskan dalam furnace pada suhu $350^\circ C$ selama 2 jam.

2. Pembuatan *Backing Layer*^[7]

Backing layer dibuat dari karbon aktif dan *teflon emulsion* sebagai pengikat. Sejumlah tertentu karbon dengan kadar 50% berat ukuran 100 mesh dicampur dan diaduk dengan teflon emulsion hingga homogen, kemudian dipaparkan dan dicetak dalam cetakan dengan ukuran 5×5 cm dengan ketebalan sekitar 1 mm dan dipanaskan di dalam furnace dengan temperatur $350^\circ C$ selama 30 menit. Setelah dingin, konduktivitas penampang dan permukaan *backing layer* ditentukan dengan cara mengukur resistansinya.

2.3 Pembuatan Elektroda dengan Metode Elektrodeposisi dan Karakterisasi Elektroda

Elektrodeposisi dilakukan dengan menggunakan arus DC pada tegangan dan waktu yang konstan serta konsentrasi larutan elektrolit bervariasi. *Backing layer* diletakkan di katoda dan sebagai anoda digunakan elektroda Ag/AgCl. Elektroda *fuel cell* yang dibuat dengan metode elektrodeposisi ini terdiri atas dua jenis, yaitu elektroda yang mengandung katalis Pt/C sebagai hasil elektrodeposisi Pt pada substrat/*backing layer* karbon dan elektroda yang mengandung katalis Pt-Cr/C dengan perbandingan konsentrasi Pt dan Cr bervariasi sebagai hasil elektrodeposisi Pt dan Cr secara bersamaan pada *backing layer* karbon. Variasi konsentrasi Pt dan Cr adalah 20:80 ; 40:60; 50:50;

60:40 dan 80:20. Sementara itu, massa Pt untuk pembuatan elektroda Pt/C dibuat bervariasi dengan massa total mengikuti perbandingan total antara Pt dan Cr pada pembuatan elektroda Pt-Cr/C.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan dan Karakterisasi *Backing Layer*

Backing layer yang dibuat harus memenuhi syarat: lentur tapi kuat, berpori, ketebalan tidak melebihi 1 mm, hidrofobik akan tetapi konduktif. Kehidrofobikan *Backing layer* terjadi karena penambahan teflon emulsion, sementara konduktivitas *backing layer* ditunjang oleh material karbon konduktif. Kehidrofobikan diperlukan untuk menjaga agar *backing layer* tidak dapat ditembus oleh air dan konduktivitas *backing layer* diperlukan karena *backing layer* berfungsi juga sebagai penghantar elektron. Selain itu, *backing layer* mempunyai fungsi sebagai substrat dan penahan elektroda serta sebagai *gas diffusion layer* yang berfungsi menyalurkan gas.

Backing layer yang dibuat ditentukan konduktivitas penampang dan permukaannya untuk memastikan dapat dipergunakan sebagai *backing layer fuel cell*. Data konduktivitas penampang *backing layer* disajikan dalam tabel 1 dan konduktivitas permukaan disajikan dalam tabel 2 di bawah ini.

TABEL 1: Harga konduktivitas Penampang *Backing Layer*

Backing Layer	Kondukt. (mhos)	Backing Layer	Kondukt. (mhos)
1	$2,484.10^{-2}$	6	$1,454.10^{-2}$
2	$2,151.10^{-2}$	7	$3,883.10^{-2}$
3	$3,864.10^{-2}$	8	$2,139.10^{-2}$
4	$2,005.10^{-2}$	9	$2,020.10^{-2}$
5	$1,358.10^{-2}$	10	$2,614.10^{-2}$
Konduktivitas Rerata		$2,397.10^{-2}$	

TABEL 2: Harga konduktivitas Permukaan *Backing Layer*

Backing Layer	Kondukt. (mhos)	Backing Layer	Kondukt. (mhos)
1	$1,878.10^{-1}$	6	$1,041.10^{-1}$
2	$1,501.10^{-1}$	7	$2,409.10^{-1}$
3	$1,810.10^{-1}$	8	$1,778.10^{-1}$
4	$1,606.10^{-1}$	9	$2,515.10^{-1}$
5	$1,786.10^{-1}$	10	$1,809.10^{-1}$
Konduktivitas Rerata		$1,8133.10^{-1}$	

Berdasarkan tabel 1 dan 2 di atas, harga konduktivitas dari *backing layer* termasuk tinggi dan memenuhi syarat sebagai *backing layer fuel cell* (minimal 10^{-2} mhos)^[8]. Harga konduktivitas *backing layer* permukaan relatif lebih besar dari konduktivitas penampang. Hal ini terjadi karena pada permukaan resultan gaya partikel tinggi dan elektron sangat peka sehingga mobilitas elektronnya meningkat, mengarah pada energi aktivasi dan konduktivitas permukaan yang lebih tinggi. Selain itu, konduktivitas permukaan memiliki struktur lebih rapat pada *backing layer* yang terdiri atas karbon yang konduktif. Penampang *backing layer* memiliki mobilitas elektron relatif kecil dan terdapat kesetimbangan gaya.

3.2 Pembuatan Elektroda dengan Metode Elektrodeposisi

Elektrodeposisi dilakukan dengan menggunakan arus DC pada tegangan dan waktu yang konstan serta konsentrasi larutan elektrolit bervariasi. *Backing layer* diletakkan di katoda dan sebagai anoda digunakan elektroda Ag/AgCl.

Elektroda yang telah dibuat dikarakterisasi konduktivitas permukaan dan penampangnya untuk melihat pengaruh elektrodeposisi pada konduktivitas elektriknya serta ditentukan massa terdeposisi pada katoda. Data konduktivitas elektrik permukaan dan penampang elektroda disajikan pada tabel 3 dan 4 di bawah ini.

TABEL 3: Data Konduktivitas Elektrik Penampang dan Permukaan Elektroda Pt-Cr/C

Variansi Katalis	Kondukt. Penampang (mhos)	Kondukt. permukaan (mhos)
Pt : Cr = 0 : 100	$2,094.10^{-2}$	$1,666.10^{-1}$
Pt : Cr = 20 : 80	$1,990.10^{-2}$	$3,603.10^{-1}$
Pt : Cr = 40 : 60	$2,072.10^{-2}$	$2,424.10^{-1}$
Pt : Cr = 60 : 40	$4,255.10^{-2}$	$1,895.10^{-1}$
Pt : Cr = 80 : 20	$1,286.10^{-2}$	$1,923.10^{-1}$
Konduktivitas rerata	$2,3394.10^{-2}$	$2,3022.10^{-1}$

Berdasarkan data tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa konduktivitas permukaan elektroda meningkat dibandingkan konduktivitas *backing layer*. Hal ini terjadi karena elektrodeposisi menghasilkan lapisan logam yang konduktif. Sementara itu, konduktivitas penampang elektroda tidak berubah secara signifikan. Hal ini dapat difahami karena proses elektrodeposisi hanya terjadi pada permukaan *backing layer*.

Selain diukur konduktivitas elektriknya, elektroda yang dibuat diamati massa terdeposisi dan rapat arus yang terjadi. Pengamatan data massa katalis terde-

TABEL 4: Data Konduktivitas Elektrik Penampang dan Permukaan Elektroda Pt /C

Massa Pt mg/cm ²	Kondukt. Penampang (mhos)	Kondukt. permukaan (mhos)
1	$2,03.10^{-2}$	$2,078.10^{-1}$
0,8	$2,266.10^{-2}$	$1,501.10^{-1}$
0,6	$2,74.10^{-2}$	$1,975.10^{-1}$
0,4	$2,128.10^{-2}$	$1,975.10^{-1}$
0,2	$1,128.10^{-2}$	$1,688.10^{-1}$
Kondukt. rerata	$2,2582.10^{-2}$	$1,834.10^{-1}$

posisi dan rapat arus pada setiap variasi massa Pt:Cr untuk elektroda Pt-Cr/C dan massa Pt untuk elektroda Pt/C disajikan dalam tabel 5 dan 6.

TABEL 5: Data massa Katalis Pt dan Cr Terdeposisi untuk Elektroda Pt-Cr/C dan Rapat Arus Rata-rata

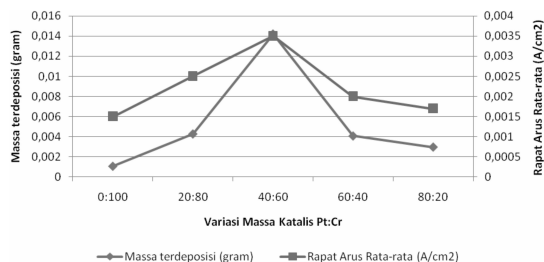
Variansi Katalis	Massa terdeposisi (gr)	Rapat arus rata-rata (A/cm ²)
Pt : Cr = 0 : 100	0,0011	0,0015
Pt : Cr = 20 : 80	0,0043	0,0025
Pt : Cr = 40 : 60	0,0142	0,0035
Pt : Cr = 60 : 40	0,0041	0,0020
Pt : Cr = 80 : 20	0,0030	0,0017

TABEL 6: Data massa katalis Pt terdeposisi untuk Elektroda Pt/C dan rapat arus rata-rata

Massa Pt mg/cm ²	Massa terdeposisi (g)	Rapat arus rata-rata (A/cm ²)
1	0,0015	0,0025
0,8	0,0089	0,0017
0,6	0,0122	0,003
0,4	0,0048	0,002
0,2	0,0025	0,0015

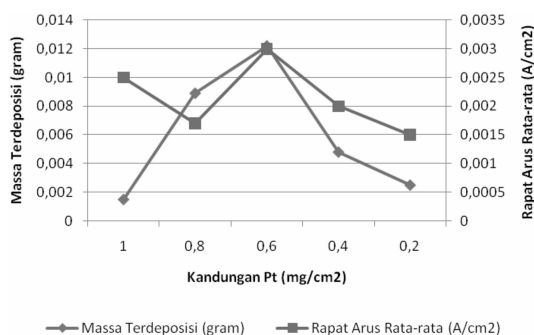
Jika data pada tabel 5 dan 6 ditampilkan dalam bentuk grafik, maka jumlah massa terdeposisi dan rapat arus pada perbandingan Pt dan Cr serta massa Pt bervariasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa massa terdeposisi makin meningkat dengan meningkatnya perbandingan massa Pt : Cr dan mencapai maksimum pada perbandingan massa Pt dan Cr = 40 : 60. Meningkatnya massa terdeposisi diikuti dengan meningkatnya rapat arus yang digunakan. Massa terdeposisi dan rapat arus kembali menurun pada perbandingan Pt : Cr = 60 : 40. Hal ini dimungkinkan oleh terjadinya



GAMBAR 1: Massa Terdeposisi dan Rapat Arus rata-rata pada Perbandingan Massa Pt dan Cr Bervariasi untuk Elektroda Pt-Cr/C

penumpukan katalis pada situs-situs tertentu. Selain itu, menurunnya jumlah massa terdeposisi dengan meningkatnya kandungan Pt disebabkan oleh mobilitas Pt yang relatif rendah dibandingkan Cr, karena massa atom relatif Pt lebih besar dari Cr.



GAMBAR 2: Massa Terdeposisi dan Rapat Arus Rata-rata pada perbandingan massa Pt bervariasi untuk Elektroda Pt/C

Gambar 2 memperlihatkan massa katalis Pt terdeposisi mengalami peningkatan dengan menurunnya massa Pt yang dideposisi dan mencapai maksimum pada massa Pt 0,6 mg/cm². Setelah itu, massa Pt terdeposisi menurun seiring menurunnya jumlah Pt yang dideposisikan. Kondisi ini terjadi karena deposisi Pt mengalami penataan ulang dengan menurunnya massa Pt terdeposisi seiring semakin meningkat jumlah Pt yang tersedia. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi massa Pt 0,6 mg/cm² adalah massa Pt optimum yang terdeposisi pada *backing layer* karbon dengan kemungkinan homogenitas yang lebih baik. Berdasarkan hukum Faraday, massa zat yang terdeposisi pada katoda tergantung pada arus dan waktu yang digunakan. Pada penelitian ini, proses elektrodeposisi dilakukan pada waktu konstan, yaitu selama 20 menit dan arus yang tidak dibatasi. Setiap selang waktu 2 menit dilakukan pencatatan arus yang terpakai. Dengan demikian, jumlah Pt terdeposisi hanya tergantung pada arus yang digunakan. Pada massa Pt yang terdeposisi paling banyak (massa Pt yang dide-

posisi 0,6 mg/cm²) didapatkan rapat arus yang paling tinggi yaitu pada kisaran 0,06 Ampere dengan densitas arus/kepadatan arus 0,003 A/cm². Densitas arus yang paling tinggi dapat dikaitkan dengan harga konduktivitas elektroda yang relatif tinggi.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. *Backing layer* yang dibuat telah memenuhi syarat sebagai *backing layer fuel cell* dilihat dari harga konduktivitas rata-rata sebesar $2,397 \cdot 10^{-2}$ mhos untuk penampang dan $1,8133 \cdot 10^{-1}$ mhos untuk permukaan.
2. Konduktivitas rata-rata dari permukaan elektroda hasil elektrodeposisi meningkat dibandingkan dengan konduktivitas *backing layer*, sementara konduktivitas penampang tidak berubah secara signifikan.
3. Massa katalis terdeposisi dan rapat arus tertinggi untuk elektroda Pt-Cr/C terjadi pada variasi komposisi massa Pt : Cr = 40 : 60 dan Massa katalis Pt/C terdeposisi paling banyak diperoleh pada massa Pt = 0,6 mg/cm²

Saran

Untuk melihat komposisi mana yang terbaik dari sisi struktur dan kinerja elektrokimia, maka perlu dilakukan karakterisasi elektroda lebih lanjut meliputi: analisa struktur dan kandungan katalis menggunakan EDX-SEM dan TEM, analisa voltametri siklik untuk melihat kinerja elektrokimia, serta analisa kapasitas distribusi gas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carrete, L., K.A. Friedrich, dan U. Stimming, 2000, Fuel Cells: Principles, Type, Fuels, and Applications, *Chemphyschem*, 1: 162-193.
- [2] EG&G Services Parsons, Inc., 2000, *Fuel Cell Handbook*, Fifth Edition, U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy National Energy Technology Laboratory.
- [3] Ralf, Z., et al., 2002, Gas Diffusion Structures and Gas Diffusion Electrodes for Polymer Electrolyte Fuel Cells, *United States Patent Application No. 0041992..*
- [4] Hayashi, K. Furuya, 2004, Preparation of Gas Diffusion Electrodes by Electrophoretic Deposition *Journal Of The Electrochemical Society*, 151 (3): A354-A357; Mar 2004
- [5] Jayashree, R.S., et al., 2005, Characterization and application of Electrodeposited Pt, Pt/Pd, and Pd Catalyst Structures for Direct Formic Acid Micro Fuel Cells, *Electrochimica Acta* 50,4674-4682.
- [6] Luczak, F.J. dan D.A. Landsman, 1984, Ternary fuel cell catalysts containing platinum, cobalt and chromium, *United States Patent 4447506*.

- [7] Rohendi, D., N. Rusnaeni, dan Z. Fanani, 2006, Pembuatan Elektroda *Polymer Electrolyte Fuel Cell* (PEFC) dengan Metode Casting Menggunakan Katalis Pt-Co/C, *Laporan Penelitian Hibah Bersaing XIII*
- [8] Ismail, S. dan D. Rohendi, 2003, Modification on Electrode System to Increase Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC), *Proceedings of Regional Symposium on Chemical Engineering 2003*, Metro Manila, Philipines