

## UJI REAKTIVITAS Pt TERHADAP O<sub>2</sub> MENGUNAKAN Pt TERMODIFIKASI DAN Pt/C KOMERSIAL UNTUK APLIKASI SEL BAHAN BAKAR

Nela F. Nisa<sup>1</sup>, Herry Purnama<sup>1</sup>, Eniya L. Dewi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102

<sup>2</sup>Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)  
Jl. MH. Thamrin 8, Jakarta 10340  
Email: herry\_purnama@ums.ac.id

### Abstrak

Sel bahan bakar atau fuel cell telah menjadi pokok perhatian para ilmuwan akhir-akhir ini sebagai akibat menipisnya persediaan minyak bumi sementara kebutuhannya semakin bertambah. Ilmuwan menemukan sel bahan bakar sebagai energi alternati untuk mengubah energi kimia menjadi listrik. Secara umum prinsip kerja dari sel bahan bakar sama dengan baterai dan tidak menimbulkan polusi. Sel bahan bakar bekerja dengan cara mengkombinasikan oksigen dari udara dengan hidrogen untuk menghasilkan listrik, panas, dan molekul air.

Komponen penting yang menentukan kinerja dari sel bahan bakar adalah elektroda tempat terjadinya reaksi katalitik perubahan bahan bakar (H<sub>2</sub> atau lainnya) dan oksidan (O<sub>2</sub> atau udara) menjadi air dan energi listrik. Beberapa metode pembuatan elektroda sel bahan bakar yang telah dikembangkan, di antaranya metode casting, spraying dan metode elektrodeposisi. Metode elektrodeposisi merupakan metode penempatan katalis pada substrat secara elektrokimia. Katalis yang digunakan dalam elektroda sel bahan bakar umumnya katalis berbasis platina. Penelitian dilakukan menggunakan sintesa katalis Pt/C termodifikasi dengan variabel 10%, 20%, dan 40%, di mana pembuatan katalis Pt/C menggunakan nafion AB yang dicampur dengan etilena glikol dan isopropanol kemudian disonikasi hingga larut kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> · 6H<sub>2</sub>O, setelah itu distirring selama 4 jam, dilanjutkan refluks selama 8 jam kemudian disaring dan dikeringkan agar di dapatkan katalis Pt/C termodifikasi. Setelah didapatkan katalis Pt/C termodifikasi kemudian diuji analisa siklik voltametri. Reaktifitas katalis Pt/C termodifikasi terhadap oksigen pada katalis 10%, 20%, 40% dapat terlihat pada potensial 0,486mV/s, 0,735mV/s, 0,73mV/s pada scan rate 100mV/s dan katalis Pt/C komersial 47% terlihat pada potensial 0,77mV/s pada scan rate yang sama. Katalis terreaktifitas dapat dilihat pada katalis Pt/C termodifikasi 40% saat loading 7,5A dengan scan rate 100mV/s. Katalis Pt dapat mentransfer elektron 3.415, 3.93, 4.63, 3.39 untuk katalis Pt/C 10%, 20%, 40%, 47%, sehingga bahwa Pt dapat mereduksi O<sub>2</sub> menjadi H<sub>2</sub>O.

**Kata kunci:** elektrodeposisi, sel bahan bakar, Pt/industri logam, Pt/C termodifikasi, scan rate

### Pendahuluan

Sudah saatnya dipikirkan mencari sumber energi alternatif yang baru dan lebih ramah lingkungan. Sebagai solusi, baru-baru ini telah dikembangkan teknologi fuel cell yang terus mengalami riset dan pengembangan di beberapa negara maju. Fuel cell merupakan sel penghasil listrik dengan hidrogen sebagai bahan bakarnya. Fuel cell sebagai salah satu alternatif penghasil energi listrik, memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan alternatif lainnya terutama dari segi efisiensi, portabilitas, dan emisi yang dihasilkan. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa FC menjadi suatu sumber energi alternatif yang menjanjikan.

Teknologi fuel cell ini dipandang lebih efisien, tidak menimbulkan polusi seperti halnya pembangkit energi tenaga minyak bumi. Beberapa negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat, Jerman, Inggris, dan Prancis sudah mulai menerapkan teknologi fuel cell pada pembangkit energi di gedung-gedung bertingkat dan rumah tangga, bus, mobil, atau alat-alat elektronik seperti handphone dalam bentuk prototipe. Bahkan, beberapa pihak sudah mengomersialkan teknologi ini seperti yang dilakukan pabrikan Toyota dan Mercedes Benz.

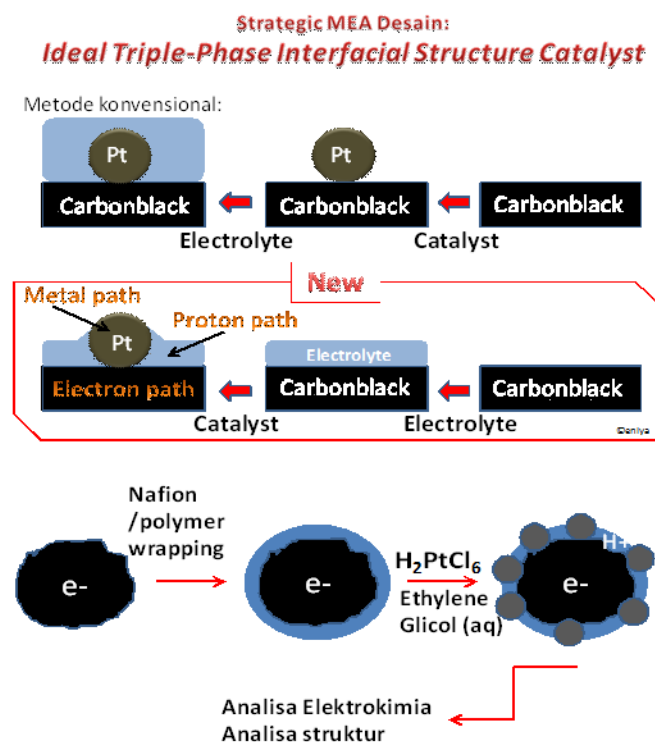
- Jenis-jenis katalis
  - PEMFC (proton exchange membrane fuel cell)
  - DMFC (Direct methanol fuel cell)

- MCFC (molten carbonate fuel cell )
- DCFC (Direct Carbon Fuel Cell)
- SOFC (solid oxide fuel cell)

*Fuel cell* bekerja dengan cara mengkombinasikan oksigen dari udara dengan hidrogen untuk menghasilkan listrik, panas, dan molekul air. 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. Beberapa metode pembuatan elektroda *fuel cell* yang telah dikembangkan, di antaranya metode *casting*, *spraying* dan metode elektrodeposisi. Metode elektrodeposisi merupakan metode penempatan katalis pada substrat secara elektrokimia. Katalis yang digunakan dalam elektroda *fuel cell* umumnya katalis berbasis platina. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan fungsi katalitik elektroda dan mengurangi kandungan platina di mana platina dapat mereduksi  $O_2$  menjadi  $H_2O$  menggunakan katalis Pt/C termodifikasi. Di sisi lain, dengan katalis berbasis Pt, pembentukan  $H_2O$  terjadi secara tidak langsung akan tetapi didahului oleh fase pembentukan peroksida ( $H_2O_2$ ) yang asam. Hal ini terjadi karena katalis Pt menjadi cukup lemah untuk mereduksi  $O_2$ .

Setelah itu, molekul  $H_2O$  terbentuk dengan mengkonsumsi elektron yang menghasilkan arus listrik. Selain itu, keasaman molekul  $H_2O_2$  menyebabkan korosi pada elektroda dan arus kolektor. Larutan Nafion digunakan secara langsung sebagai agen pelindung dalam pembuatan katalis. (EG&G Services Parsons, 2000).

Larutan Nafion dapat menonaktifkan reaksi katalitik atau menghambat difusi reaktan dan produk pada permukaan nanopartikel karena interaksi yang kuat dan kurangnya permeabilitas gas. Hal ini dapat mengurangi kinerja *fuel cell* sel hingga 60%. Oleh karena itu diperlukan prosedur tambahan untuk menghilangkan agen pelindung sebelum menambahkan nanopartikel ke elektrokatalis, sehingga akan didapatkan aktivitas dan hasil yang tinggi dalam elektrokatalis. Metode ini merupakan metode struktur tiga-fase dan pada akhirnya, kinerja katalis yang lebih tinggi dan efisiensi PEMFC yang lebih baik.



Gambar 1. Konsep metode *ideal triple-phase interfacial structure* (ITPIS) pada strategi desain katalis (EG&G Services Parsons, 2000)

**Metodologi**

Penelitian dilakukan di kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPITEK) Serpong di Laboratorium Sentra Teknologi Polimer milik BPPT. Bahan yang digunakan dalam penelitian *fuel cell* ini adalah *carbon black*, larutan Nafion, isopropanol, *ethylene glycol*. Variable yang digunakan dalam percobaan adalah:

1. Variable terikat: Suhu percobaan 30°C

*Carbon black* : larutan Nafion = 1:1 (mL)

Waktu sonikasi: 60 menit

Refluks: 140°C, 8 jam

2. Variable bebas: Massa  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$  (10%, 20%, dan 40%)  
*Scan rate cyclic voltammetry*: (100,250,500,750, dan 1000 mv/s)

Uji katalis menggunakan *cyclic voltammetry* (CV) untuk *ferrocene*:

1. *Bubbling*  $N_2$  selama 1-3 jam hingga mencapai grafik. Grafik dicapai dengan menguji CV elektroda kosong (Au) sebanyak 5 *scan rate*
  - Range volta = -2 sampai 2 v
  - Scan rate = 100mv/s, 250mv/s, 500mv/s, 750mv/s, 1000mv/s
  - Catatan: diuji CV dalam under  $N_2$  condition
2. *Bubbling*  $O_2$  selama 3 -5 menit hingga mencapai grafik. Grafik akan dicapai dengan menguji CV elektroda kosong (Au) sebanyak 5 scan rate
3. Bersihkan elektroda Au dengan menggunakan aquades lalu bersihkan lagi dengan acetone teknis/metanol teknis
4. Teteskan elektroda dengan *ferrocene* yang telah dilarutkan (12,4mg *ferrocene* dalam 1mL diklorometana kemudian dilakukan pengujian CV dengan  $O_2$ .

### Hasil dan Pembahasan

Analisis dari pembuatan katalis Pt/C termodifikasi telah dilakukan dengan berbagai jenis katalis Pt/C, baik Pt/C termodifikasi maupun Pt/C komersial sbb.:

Tabel 1. Jenis dan variabel katalis

No.	Jenis katalis	Variabel
1.	Pt/C komersial (gas hub Singapore)	47%
2.	Pt/C termodifikasi	40%
3.	Pt/C termodifikasi	20%
4.	Pt/C termodifikasi	10%

Uji analisa dari katalis Pt/C termodifikasi menggunakan analisis siklik voltametri, di mana siklik voltametri merupakan teknik elektrokimia yang sangat membantu yang memungkinkan untuk menyelidiki mekanisme sifat redoks dan sistem transportasi. Hal ini dilakukan dengan cara menyusun 3 elektroda di mana elektroda potensinya sangat relatif untuk beberapa elektroda referensi dapat diperiksa pada cara kerja elektroda itu sendiri sedangkan arus yang dihasilkan mengalir melalui *counter electrode* dimonitor dalam larutan yang diam. Teknik ini cocok untuk mempercepat pencarian dari pasangan redoks dalam suatu sistem, pasangan elektroda dapat dicirikan oleh analisis yang cermat lebih dari siklik yang voltammogram. Sehingga didapatkan data dari hasil uji siklik voltametri yang nampak pada tabel 2.

Transfer elektron akan terjadi pada molekul dalam larutan mendekati elektroda. Dalam percobaan siklik voltametri, transportasi massal dapat terjadi secara difusi karena gradien konsentrasi dibuat sekitar permukaan elektroda.

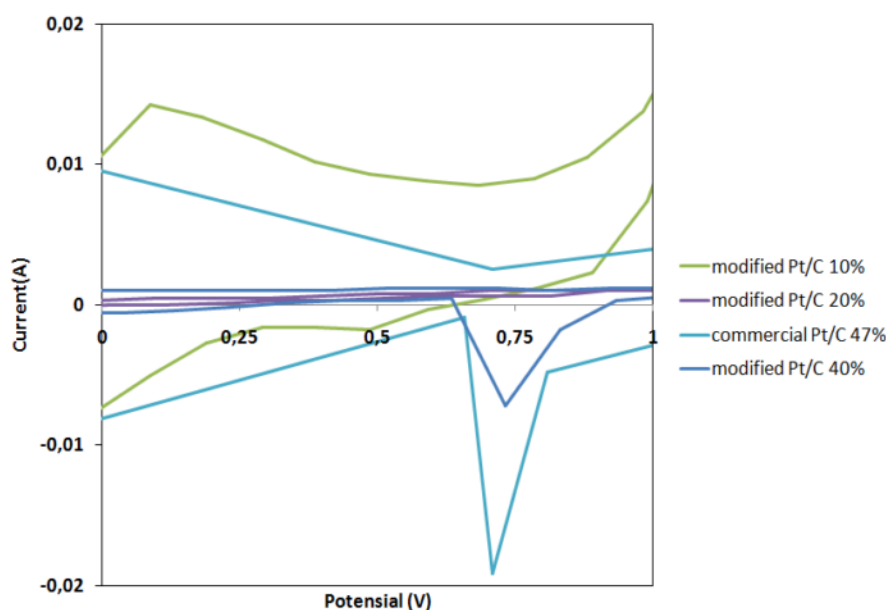
Tabel 2. Data analisa siklik voltammogram pembuatan katalis Pt/C termodifikasi

No.	Jenis katalis	Scan rate	N <sub>2</sub>		O <sub>2</sub>	
			potensial	current	potensial	current
1.	Pt/C 10 % (modified)	100	0,486	1,37	0,486	1,79
		250	0,748	13	0,4995	1,9
		500	0,338	3,25	0,781	5,5
		750	0,723	7,59	0,798	7,83
		1000	0,103	1,32	0,735	6,85
2.	Pt/C 20% (modified)	100	0,3072	2,88	0,3072	1,17
		250	0,315	1,17	0,304	2,88
		500	0,575	2,87	0,575	2,87
		750	0,676	4,58	0,676	4,58
		1000	0,206	2,25	0,206	2,25
3.	Pt/C 40% (modified)	100	0,83	2,4	0,73	7,5
		250	0,702	3,95	0,721	15,8
		500	0,726	23,5	0,674	24,7
		750	0,71	36,4	0,638	44,8
		1000	0,672	36,8	0,707	31,4
4.	Pt/C 47% (commersial)	100	0,75	5,69	0,707	19,2
		250	0,727	12,1	0,721	15,7
		500	0,7	15,9	0,726	1,2
		750	0,75	13,5	0,674	25,8
		1000	0,74	19,9	0,76	12,5

Tabel 3 Perhitungan jumlah elektron transfer

Jenis katalis (%)	Potensial (V)*	Current (μA)*	Elektron transfer
10	0,486	17,9	3,415
20	0,3072	1,17	3,93
40	0,73	7,5	4,63
47	0,77	19,2	3,39

Sehingga dapat dilihat dari tabel katalis Pt/C termodifikasi dan katalis Pt/C 47% bahwa katalis Pt/C 40% termodifikasi terbukti dapat menahan ribuan jam operasi pada saat kondisi yang sangat korosif asam pada elektroda PEMFC.



Gambar 2. *Cyclic voltammetry* dari Pt/C termodifikasi dengan Pt/C commercial menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M dan Ag/PtCl sebagai elektroda, carbon sebagai kontra elektroda pada scan rate 100mV.

Penurunan reaksi oksigen terjadi pada katoda PEMFC dan membutuhkan beban yang relatif besar terhadap Pt karena merupakan, kompleks 4-elektron proses membutuhkan aktivasi dan konversi molekul oksigen ( $\text{O}_2$ ) untuk menjadi air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) melalui reaksi dengan proton ( $\text{H}^+$ ) maka dalam analisa siklik voltammetri menggunakan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) agar mendapatkan  $\text{H}^+$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa Pt dapat mereduksi  $\text{O}_2$  menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ .



### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di pusat penelitian ilmu pengetahuan dan teknologi tepat di bagian sentra teknologi polimer milik BPPT (Badan Pangkajian Dan Penerapan Teknologi), dapat diambil kesimpulan sbb.:

1. Analisa sintesa katalis termodifikasi telah dilaksanakan dengan memodifikasi katalis Pt/C 10%, 20%, 40% yang akan di bandingkan dengan Pt/C commersial dengan variabel 47% yang di dapat dari gas hub. Singapore.
2. Dari data yang di hasil kan dapat terlihat bahwa Reaktifitas katalis Pt/C termodifikasi terhadap oksigen pada katalis 10%, 20%, 40% dapat terlihat pada potensial 0,486mV/s,0,735mV/s, 0,73mV/s pada scan rate 100mV/s.
3. Sedangkan Katalis terreaktifitas dapat dilihat pada katalis Pt/C termodifikasi 40% saat loading 7,5 A dengan scan rate 100mV/s.
4. Katalis Pt dapat mentransfer elektron 3.415, 3.93, 4.63, 3.39 untuk katalis Pt/C 10 %, 20% ,40% , 47 %, sehingga terbentuk bahwa Pt dapat mereduksi  $\text{O}_2$  menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ .

### Daftar Pustaka

- Anonim, 2012, "Fuel cell", web : <http://www.scribd.com/doc/39741812/Isi-Makalah>, diakses tanggal 9 April 2012 jam 18.00
- Castellanos R.H., A.L. Ocampo, J. Morela Acosta, P.J Sbastian,2001,"Synthesis And Characterization Of Osmium Carbon Cluster Compound With Moleculer,Oxygen Electroreduction Capacity", Int.J. of hydrogen energy
- Ekananda, Rizki, 2008, "Skripsi : Pemodelan Densitas Arus dan Potensial Listrik pada Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell menggunakan Metoda Simulasi Dinamika Fluida", Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi bandung
- EG&G Services Parsons, (2000), "Fuel Cell Handbook", Morgantown

- Rahmawati, Fitria, 2011, "FUEL CELL, Teknologi bersih yang menjanjikan", Majalah 1000 guru, Edisi 2, Mahasiswa doktoral di Kelompok Keahlian Kimia Anorganik dan Fisik Institut Teknologi Bandung (ITB), juga dosen di jurusan kimia, FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Solo, diakses tanggal 6 April 2012 jam 13.00
- D. L. Wood, J. Chlistunoff, J. Majewski and R. L. Borup, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131, 18096–18104.
- Dewi, Eniya, 2010, "Mengerti Teknologi Fuel Cell Dan Hidrogen", ISBN 978-602-95555-2-3, jakarta pusat
- Dewi, Eniya, 2011, "Proposal Produksi Hidrogen 500 NI/Jam Menggunakan Alkohol Pem Elektroliser Dengan Aplikasi Ideal-Triple-Phase Interfacial Structure Pada Mea," badan pengkajian dan penerapan teknologi
- H. Steininger, M. Schuster, K. D. Kreuer, A. Kaltbeitzel, B. Bingol, W. H. Meyer, S. Schauff, G. Brunklaus, J. Maier and H. W. Spiess, 2007, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2007, 9, 1764–1773
- Haile, S. M, 2003, *Fual Cell Materials and Components, Acta Materialia*, 51, 5981-6000
- Bernardi, M. 1992, "A Mathematical Model of the Solid-Polymer-Electrolyte Fuel Cell", *Journal of Electrochemical Society*, 139(9), 2477-2491
- M. Okamoto, T. Fujigaya and N. Nakashima, *Small*, 2009, 5, *Journal of Electrochemical Society*, 735–740.
- R. Borup, J. Meyers, B. Pivovar, Y. S. Kim, R. Mukundan, N. Garland, D. Myers, M. Wilson, F. Garzon, D. Wood, P. Zelenay, K. More, K. Stroh, T. Zawodzinski, J. Boncella, J. E. McGrath, M. Inaba, K. Miyatake, M. Hori, K. Ota, Z. Ogumi, S. Miyata, A. Nishikata, Z. Siroma, Y. Uchimoto, K. Yasuda, K.-i. Kimijima and N. Iwashita, *Chem. Rev.*, 2007, 107, 3904–3951.
- K. Sasaki, K. Susuki, A. Iyoshi, M. Uchimura, N. Imamura, H. Kusaba, Y. Teraoka, H. Fuchino, K. Tsujimoto, Y. Uchida and N. Jingo, *J, 2007. Electrochem. Soc.*, 153 (11), pp. A2023–A2029