

PENGEMBANGAN DAN APLIKASI FUEL CELL

Eniya Listiani Dewi¹⁾, Tjutjuk Ismujanto¹⁾, Ganesha Tri Chandrasa²⁾
Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi¹⁾
Balai Besar Teknologi Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi²⁾
Telepon (021) 3169887
E-mail : eniyalist@webmail.bppt.go.id¹⁾

Abstrak

Ada 2 jenis fuel cell yang sedang dikembangkan di BPPT yaitu: Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) yang berbahan bakar hidrogen dan Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) yang berbahan bakar metanol. Pemilihan pengembangan jenis ini adalah material komponennya mudah didapat dan karena menggunakan komponen utama yang lebih sederhana dan memiliki potensi lokal cukup strategis. Sistem fuel cell secara umum sama dengan baterai (accu) biasa yaitu energi listrik yang dihasilkan secara elektrokimia yang semua bagian unit baterainya berbentuk padat, dan elektrolitnya adalah polimer membran yang menghantarkan proton. Dalam proses ini terjadi reaksi bahan bakar (air, gas alam, alkohol, hidrokarbon) dan oksidator (oksigen dari udara) menjadi tenaga listrik, air dan panas. Sistem perubahan energi ini merupakan clean-technology system yang ramah lingkungan. Dalam makalah ini akan dibahas status pengkajian dan penerapan saat ini di BPPT masih pada penerapan fuel cell pada kendaraan sepeda motor 500 Watt dan akan dikembangkan ke otomotif.

Kata Kunci : Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Hydrogen, Otomotif.

PENDAHULUAN

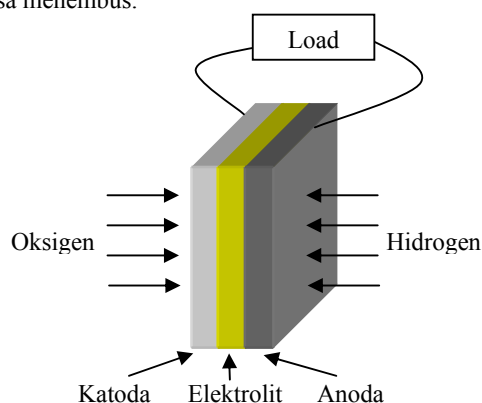
Fuel cell adalah pembangkit yang berupa sel bahan bakar yang menghasilkan listrik melalui proses elektrokimia dengan mengkombinasikan gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Fuel cell sudah dikembangkan sejak tahun 1839 oleh William R. Groove ("Gaseous voltaic battery") dan kini sedang dikembangkan industri untuk mengatasi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang semakin kritis [1]. Jenis-jenis fuel cell dikenal dalam lima kategori yaitu alkaline fuel cell (AFC), phosphoric acid fuel cell (PAFC), molten carbonate fuel cell (MCFC), solid oxide fuel cell (SOFC), polymer electrolyte fuel cell (PEFC). SPEC berbahan bakar hidrogen disebut proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) sedangkan yang berbahan bakar metanol disebut direct methanol fuel cell (DMFC) [2].

Prinsip kerja fuel cell merupakan kebalikan proses elektrolisa, dimana hidrogen direaksikan dengan oksigen dan menghasilkan listrik.



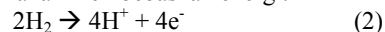
Pada reaksi tersebut diatas dibebaskan energi panas yang kemudian dapat dihasilkan energi listrik. Arus listrik yang dihasilkan sangat kecil. Hal ini disebabkan beberapa hal : (a) rendahnya kontak area antara gas, elektroda dan elektrolit; (b) jarak yang jauh antara elektroda dan elektrolit menyebabkan tahanan pada arus listrik. Sehingga untuk meningkatkan kinerjanya,

elektroda dibuat menjadi plat dengan lapisan tipis dari elektrolit (seperti terlihat pada gambar 1). Struktur elektroda terbuat dari material berporous yang menyebabkan elektrolit pada sisi satu dan sisi lainnya bisa menembus.



Gambar 1. Struktur dasar fuel cell; katoda – elektrolit – anoda.

Pada anoda, asam dari elektrolit, hidrogennya akan terionisasi menghasilkan elektron dan ion hidrogen (proton). Reaksi ini akan membebaskan energi.



Sementara di katoda, oksigen bereaksi dengan elektron yang diambil dari elektroda dan proton (ion hidrogen) membentuk air.



Reaksi tersebut di atas berlangsung kontinu, elektron yang dihasilkan pada anoda harus dapat melewati rangkaian elektrik menuju katoda. Demikian juga ion hidrogen (proton) harus dapat melewati elektrolit. Dalam makalah ini akan dijelaskan perkembangan penelitian fuel cell khususnya pembuatan stack fuel cell dan aplikasinya.

METODOLOGI

PEM fuel cell yang dikembangkan adalah dengan menggunakan bahan komponen lokal. Komponen yang disusun untuk membuat multi-cell PEMFC adalah end-plate (plastik, GasHub Co.), current collector (plate Cu, GasHub Co.), bipolar plate sebagai separator (Grafit, GasHub Co.), gasket (silikon), serta MEA (membrane electrode assembly). MEA yang digunakan dimanufaktur dengan menyusun elektroda dan membran dengan cara hotpress. Elektroda yang digunakan adalah carbon paper (GasHub Co), diolesi dengan tinta katalis Pt/C dengan loading 0.5 mg/cm². Membran yang dipakai adalah Nafion 50 µm (NRE 212, DuPont) [3].



Gambar 2. Elektroda dan MEA dengan menggunakan Nafion 212, luas 100 cm².

Penyusunan single cell dilakukan dengan seri sehingga mendapatkan potensial dan daya yang lebih besar. Pengujian fuel cell dianalisa dengan Prodigit 3311D discharge analyzer.

HASIL DAN DISKUSI

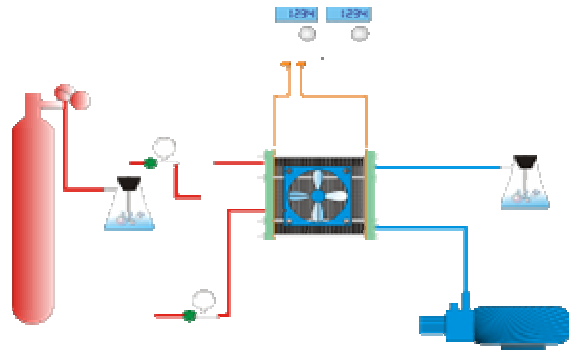
Pembuatan MEA menjadi hal terpenting pada manufaktur stacking fuel cell. MEA yang dihasilkan disusun pada komponen fuel cell dengan urutan sebagai berikut:

4. End-plate
5. Gasket
6. Current collector
7. Separator grafit anoda
8. MEA
9. Gasket
10. Separator grafit katoda
11. ---MEA---dst untuk jumlah cell tertentu
12. Current collector
13. Gasket
14. End-plate

Pengujian performa fuel cell dilakukan dengan inlet hydrogen 0-1 L/min, dan inlet oksigen dengan menggunakan pompa udara. Tekanan yang digunakan adalah 0-5 psi. Kondisi operasional seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi operasional pengujian PEMFC.

		Unit cell		
		1 cell	5 cell	20 cell
Flow (L/min)	H ₂	0.1	0.5	1
	O ₂	0.1	-	-
Tekanan (psi)	H ₂	0	4	4
	O ₂	0	-	-
Kelembaban (RH%)	H ₂	100	100	100
	O ₂	100	100	100

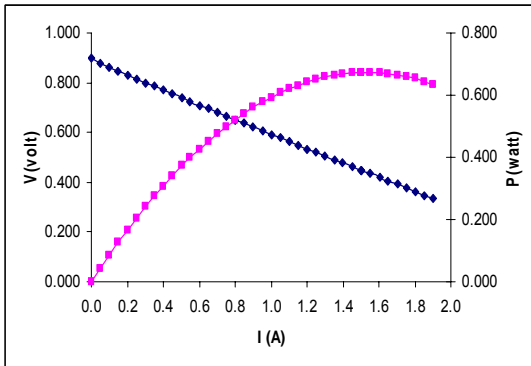


Gambar 3. Sistem pengujian sederhana.

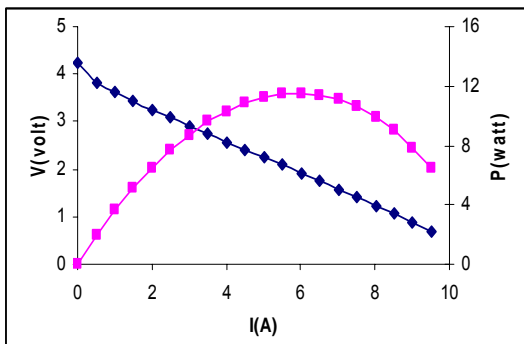


Gambar 4. Prototipe stack 20 cell.

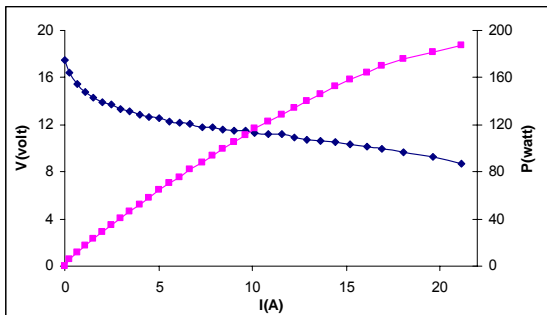
Pengujian dilakukan dengan unit cell 1, 5 dan 20 cell. Dengan inlet hydrogen disesuaikan untuk mendapatkan maksimal kerapatan daya yang dihasilkan. Sedangkan untuk kelembaban, masih dipakai buble gas untuk mensuplai inlet bahan bakar. Untuk kebutuhan oksigen, karena model fuel cell ini adalah open-cathode atau bagian katoda (oksigen) terbuka langsung mendapatkan oksigen dari udara bebas, maka dipakai pompa udara.



Gambar 4. Hasil polarisasi single cell.



Gambar 5. Hasil polarisasi 5 cell.



Gambar 6. Hasil polarisasi 20 cell.

Tabel 2. Data daya fuel cell.

Unit	Potensial (V)	Arus (A)	Daya (W)	Kerapatan Arus (mA/cm ²)
1	0.434	1.551	0.67	15.5
5	1.908	6.036	11.517	12.2
20	8.697	21.140	187.66	10.55

Dengan data diatas, 20 cell stack fuel cell mampu menghasilkan daya mencapai 200 W. Walaupun telah bekerja dengan baik, namun optimalisasi kondisi operasional masih perlu ditingkatkan. Tekanan pada inlet hydrogen [4], banyaknya asupan oksigen yang diperlukan, tekanan clamping pada saat proses stacking [5] juga masih perlu penelitian lebih lanjut.

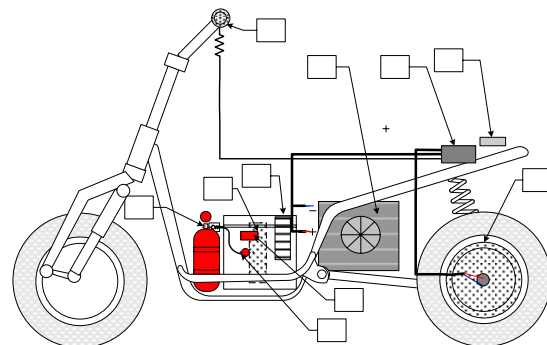
Untuk mempelajari sistem aplikasi fuel cell, dilakukan pembuatan prototipe untuk sepeda motor. Penyusunan sistem fuel cell dalam prototipe sepeda motor seperti pada Gambar 5, dilakukan dengan menggunakan stack PEMFC komersial portabel berkapasitas 500 W dan tabung penyimpanan hidrogen menggunakan metal hydride (MH).



Gambar 7. Stack PEMFC 500 W komersial.



Gambar 5. Prototipe sepeda motor fuel cell dengan kapasitas 500 W PEMFC [6].



		1	1

PART NO. DESCRIPTION

PEM FC 500 Watt

Dari hasil ujicoba pada sepeda motor, fuel cell bekerja dengan langsung untuk menggerakkan motor. Dengan kapasitas 500 W, konsumsi hydrogen 1 L/jam, maka kecepatan motor mampu mencapai 50 km/jam.

PART NO. DESCRIPTION

O 2 pump in the box

FC controller 12VDC

KESIMPULAN

Pengembangan teknologi fuel cell di BPPT telah dilakukan dari hulu hingga hilir, mulai dari pengembangan riset dasar elektrolit pada MEA, stacking hingga aplikasi fuel cell. Perkembangan selanjutnya masih perlu dilakukan dengan berbagai optimasi kondisi proses hingga sistem aplikasinya.

DC Motor 500Watt (hub brushless), 48 VDC

H2 inlet

PART NO. DESCRIPTION

Speed Controller DC Chopper 48 VDC

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Larminie, A.L. Dicks (2000). *Fuel Cell Systems Explained*, Wiley, New York, 308.

[2] V.A. Paganin, E.A. Ticianelli, E.B. Gonzalez, (1998). Development of small polymer electrolyte fuel cell stacks, *Journal of Power Sources* 70, 55-58.

[3] Eniya L. Dewi, (2008). A Key of Good MEA Preparation Methods and Single Stack Proton Exchange Membrane Fuel Cell Test Using Hydrogen as Fuel. *Procc. Sriwijaya International Seminar on Energy Science and Technology*, FC08, 42.

[4] Chunshan Song, (2002). Fuel processing for low-temperature and high-temperature fuel cells Challenges, and opportunities for sustainable development in the 21st century, *Catalysis Today* 77, 17-49.

[5] W.R. Chang, J.J. Hwang, F.B. Weng, S.H. Chan, (2007). Effect of clamping pressure on the performance of a PEM fuel cell *Journal of Power Sources* 166, 149-154.

[6] Tim fuel cell, (2008). *Pameran HUT BPPT*, Jakarta.

Throttle Control 48VDC resistor to mosfet

DC converter 48VDC to 12 VDC for instrument