

PERBANDINGAN GRAFIT BIPOLAR PLATE MODEL PARALLEL DAN SERPENTINE SEBAGAI KOMPONEN SEPARATOR PADA PEMFC

Eniya Listiani Dewi dan Jarot Raharjo

Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Jl. Mh. Thamrin 8, BPPT II, Lantai 22, Jakarta

Telepon (021) 3169887

E-mail : eniyalist@webmail.bppt.go.id

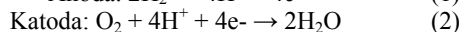
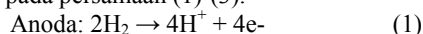
Abstrak

Dalam komponen polymer electrolyte fuel cell (PEFC) yang terdiri dari elektroda dan elektrolit, terdapat pula separator yang mengatur distribusi gas sebagai bahan bakar. Pada makalah ini dijelaskan perbedaan dua macam alur grafit bipolar plate yaitu parallel dan serpentine, terhadap hasil uji kinerja PEMFC. Manufaktur bipolar plate dilakukan dengan luasan aktif area flow-field 50 dan 36 cm². Pada hasil pengujian dengan menggunakan membrane electrode assembly (MEA) yang menggunakan Nafion dan Pt/C sebagai elektrolit dan katalis pada elektroda, setelah dilakukan test terdapat water-droplet pada alur gas tersebut, sehingga menurunkan performa fuel cell. Namun pada alur serpentine dengan 4 flow channel hasil kerapatan arus fuel cell lebih tinggi dari pada alur parallel yang menjadi standar alur untuk fuel cell komersial. Hal ini sangat penting untuk menjadi acuan manufaktur PEMFC.

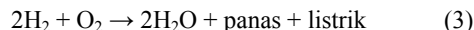
Kata Kunci : Energi Alternatif, PEM Fuel Cell, Grafit Bipolar Plate, Separator.

PENDAHULUAN

Sebagai energi alternatif pengganti minyak bumi, gas hidrogen akan menjadi bahan yang paling diminati karena dengan teknologi fuel cell, gas hidrogen mampu diubah menjadi listrik dengan hasil samping hanya air dan panas [1-2]. Reaksi kimia yang berlangsung khususnya pada jenis polymer electrolyte fuel cell (PEFC) adalah gas hidrogen diubah menjadi proton (H⁺) dengan reaksi katalisis (Pt) pada anoda, demikian pula oksigen dari udara diubah menjadi O²⁻ pada katoda, seperti pada persamaan (1)-(3).



Reaksi keseluruhan:



Reaksi pada elektroda ini dipengaruhi oleh kecepatan reduksi dan oksidasi terhadap gas pada masing-masing elektroda. Gas inlet pada anoda dan katoda mengalir pada *flow-field* grafit bipolar plate yang kemudian terdistribusi pada permukaan elektroda, sehingga untuk meningkatkan performa fuel cell diperlukan material dan desain alur yang tepat pada sisi separator. Separator bipolar plate ini bersifat konduktor namun tidak berporos, sehingga elektron dapat tertransfer dengan baik dan gas tidak terdifusi sehingga terpisah secara sempurna. Dalam komponen fuel cell, dijelaskan oleh Woonki dkk, bahwa separator bipolar plate (4 mm) mencapai 1650 US\$/m² (20% per unit cell) adalah komponen termahal [3]. Dimana

didalamnya selain harga material, terdapat juga harga desain dan machining alur *flow field* pada kedua sisi grafit [4]. Pada makalah ini dijelaskan perbedaan hasil kerapatan daya pengujian fuel cell yang menggunakan bipolar plate dengan model parallel dan serpentine.

METODOLOGI

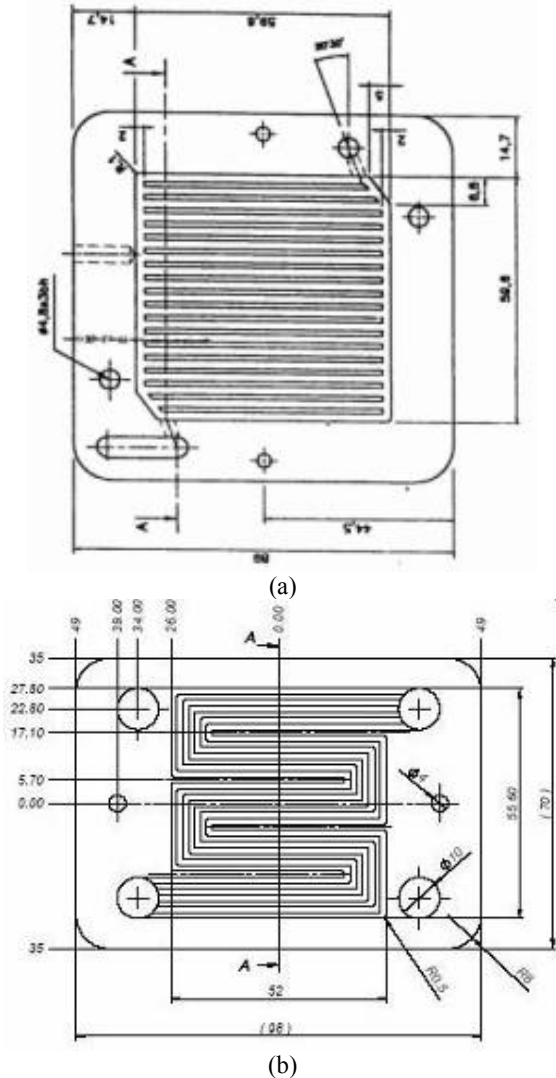
Pembuatan Membrane Electrode Assembly (Mea).

Tinta katalis dibuat dengan cara mengaduk katalis 20 wt% Pt/C pada XC-72 (GasHub) dengan larutan 5 wt% Nafion (Aldrich) dan pelarut isopropanol (Merck) sampai homogen dalam sonicator. Tinta ini dioleskan pada kertas karbon dengan luas 36 dan 50 cm² yang telah ditreatmen Teflon (Gashub) sedikit demi sedikit sehingga terbentuk lapisan katalis dengan rata dengan konsentrasi 1 mg/cm². Dibuat masing-masing 2 buah elektroda untuk luas area 36 dan 50 cm². Serta dipotong juga elektroda komersial sebagai pembanding dengan konsentrasi 1 mg/cm² (GusHub). Kemudian dengan menggunakan hotpress, Nafion 112 film (DuPont) dihimpit oleh dua buah elektroda pada suhu 120°C selama 6 menit dengan tekanan 80 kgf/cm².

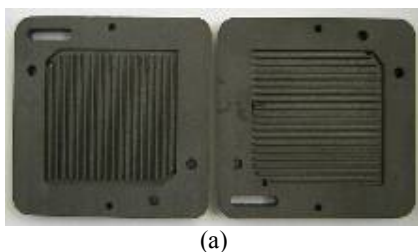
Pembuatan Graphite Bipolar Plate.

Sebagai komponen separator dipakai grafit plat khusus untuk fuel cell yang didapat dari Fuelcellstore (tebal 10 mm) dan Gashub (tebal 2.4 mm). Grafit plat tersebut dibuat dengan mesin CNC dengan desain parallel

sebagai standar model dengan tebal 10 mm, dan serpentine dengan 4 lajur gas menggunakan tebal grafit 2.4mm, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain model (a) parallel dan (b) serpentine.



(a)

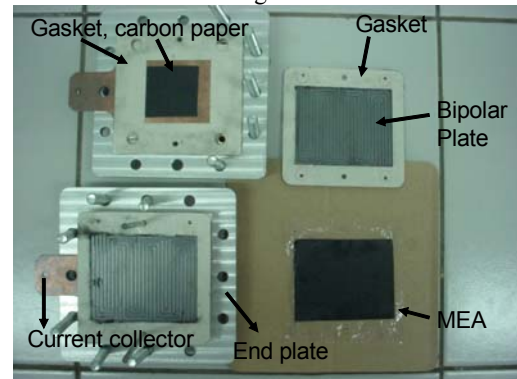


(b)

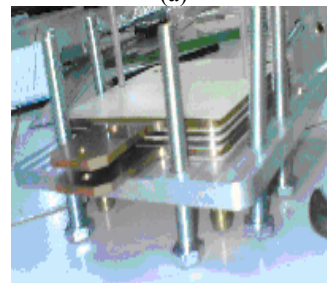
Gambar 2. Prototipe grafit bipolar plate dengan desain (a) parallel dan (b) serpentine.

Pengujian Fuel Cell.

Uji karakterisasi fuel cell dilakukan dengan cara pengukuran I dan V, dimana terlihat hubungan antara load arus dan potensial stack menggunakan ProDigit 300W-10A-60V. Dengan gas hidrogen dan oksigen flow 200-250 mL/min dengan tekanan 0-0.2 bar.



(a)



(b)

Gambar 3. Perlengkapan stacking single cell.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen stacking disusun menjadi satu cell yang didalamnya terdapat MEA diantara grafit bipolar plate. Setelah test kebocoran, single cell tersebut diset pada sistem pengujian fuel cell. Dengan mencari flow rate maksimal yang mampu digunakan untuk mendapatkan kerapatan daya tertinggi, dan polarisasi I dan V. Uji karakteristik fuel cell dilakukan dengan menggunakan 2 jenis grafit sebagai separator. Grafit model parallel seperti pada Gambar 1(a), dengan memasukkan inlet dan outlet gas pada ujung yang berlawanan. Desain ini dibentuk dengan CNC yang berkecepatan tinggi. Untuk

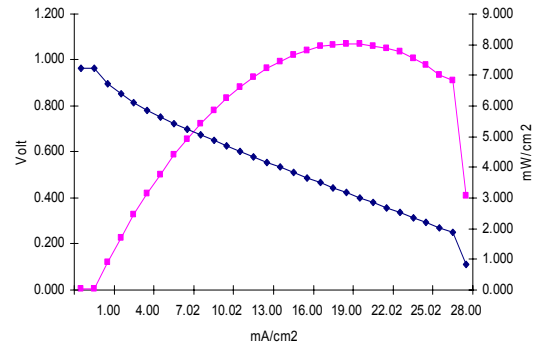
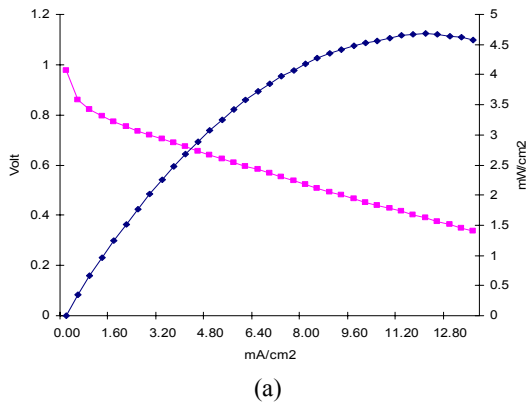
desain serpentine pada Gambar 1(b) menggunakan 4 buah alur gas untuk 1 inlet dan outlet gas.

Tabel 1. Rangkuman data polarisasi single cell.

Ukuran luas aktif area [cm ²]	Model bipolar plate	Potensial [V]	Arus [A/cm ²]	Kerapatan Daya [W/cm ²]
36	Paralel	0.420	0.09	0.0378
36	Paralel komersial	0.411	0.075	0.03105
50	Paralel komersial	0.39	0.6	0.234
52.8	Serpentine lokal	0.403	1.601	0.640
52.8	Serpentine komersial	0.352	1.00	0.350

Hasil daya yang diperoleh terlihat pada Gambar 4, kerapatan arus pada 0.4 V untuk paralel dan serpentine adalah 11.5 mA/cm² pada 4.5 mW/cm² dan 19 mA/cm² pada 8 mW/cm². Terlihat bahwa dengan alur serpentine kerapatan arus naik, dikarenakan waktu tinggal gas lebih lama pada permukaan elektroda.

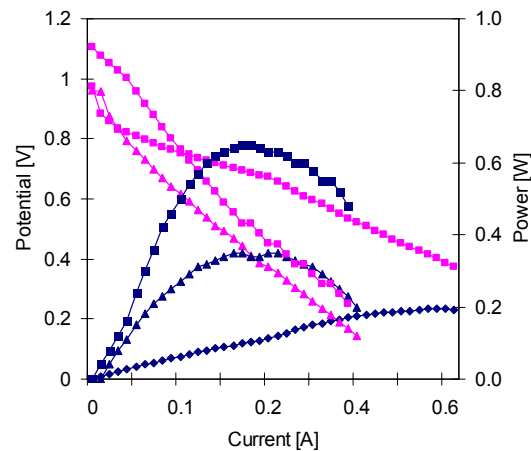
Dari data diatas terbukti bahwa faktor hasil pembuatan MEA khususnya elektroda banyak mempengaruhi hasil akhir kerapatan arus, maka faktor yang lain yang berpengaruh besar adalah kemampuan gas untuk bereaksi pada permukaan elektroda. Sehingga dalam penelitian ini dibuat dua desain *flow field* yang berbeda seperti pada gambar 6, yaitu model *parallel* dan *serpentine*.



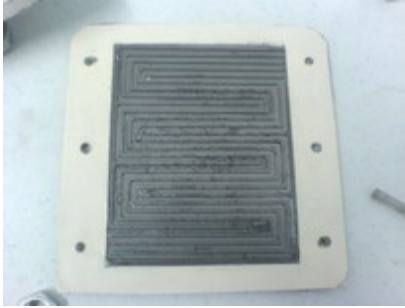
(b)

Gambar 4. Grafik polarisasi dari MEA yang dianalisa dengan menggunakan grafit bipolar plate dengan alur gas model (a) paralel (250 mL/min, 0.2 bar) dan (b) serpentine (200 mL/min, 0 bar).

Dengan membandingkan MEA yang dikomersialkan dengan MEA yang dibuat di litbang BPPT, terdapat data MEA lokal tersebut mempunyai kerapatan arus yang lebih tinggi dari komersial. Serta dengan menggunakan grafit model serpentine 4-lajur gas, kerapatan arus makin tinggi mencapai 64 mW/cm² (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik polarisasi stack fuel cell 50 cm² (a) paralel dengan MEA komersial, (b) serpentine dengan MEA komersial, (c) serpentine dengan MEA lokal.



Gambar 6. Kondisi setelah percobaan dengan menggunakan grafit model serpentine.

Dengan menggunakan grafit model serpentine untuk mengoperasikan fuel cell, sering terjadi drop potensial setelah run non-stop selama 12 jam lebih dikarenakan adanya flooding pada flow field gas, seperti yang terlihat pada Gambar 6. Untuk lebih menaikkan ketahanan dan efisiensi fuel cell nantinya perlu pengkajian desain flow-field tersebut.

KESIMPULAN

Dengan menggunakan elektroda home-made lebih baik daripada komersial, jadi cara manufaktur elektroda telah mendapatkan metode pembuatan lapisan katalis yang tepat. Dan untuk perbedaan perubahan model, didapat model serpentine mampu menaikkan kerapatan daya hingga 2-3 kali lipat. Sehingga bisa disimpulkan bahwa model parallel yang banyak dipakai sebagai model standar stack fuel cell mempunyai banyak kelemahan diantaranya adalah distribusi gas cepat dan tidak merata. Sedangkan untuk model serpentine, distribusi gas lebih lambat dan reaksi gas dapat berjalan lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Hoogers (2003) “*Fuel Cell Technology Handbook*”, CRC Press, Chapter 1, 1-5.
- [2] Joseph Romm, (2006), “The car and fuel of the future”, *Energy Policy*, 34, 17, 2006, 2609-2614.
- [3] Woonki Na and Bei Gou, (2007) *J. Power Sources*, 166, 411-418.
- [4] Eniya L. Dewi. (2007). Development of local components for fuel cell technology. *Jurnal Sci. Mat. Ind.* Vol 9. No 1. P 57-66.