

**PENGARUH LAJU ALIR DAN TEKANAN HIDROGEN TERHADAP ARUS DAN TEGANGAN YANG DIHASILKAN OLEH PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL**

**INFLUENCE OF HYDROGEN VELOCITY AND PRESSURE TO THE CURRENT AND VOLTAGE OF PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL**

Ucik Ika Fenti Styana<sup>1\*</sup>, Nurul uysaroh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Teknologi Yogyakarta

<sup>1\*</sup>Ucik\_Energi@ity.ac.id

\*penulis korespondensi

**Abstrak**

Saat ini, kebutuhan bahan bakar fosil semakin meningkat dan ketersediannya semakin menipis. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan bakar alternatif dengan teknologi yang efisien dan ramah lingkungan, misalnya *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*. Teknologi ini mampu mengkonversi hidrogen yang dihasilkan dari biomasa melalui proses gasifikasi, menjadi sumber energi listrik. Kinerja PEMFC sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah karakteristik proses dari bahan bakar hidrogen yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir dan tekanan dari hidrogen terhadap kinerja PEMFC yang berupa arus dan tegangan. Bahan baku yang digunakan untuk proses gasifikasi adalah gas hidrogen murni yang dialirkan dengan variabel laju alir 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 dan 2,5 liter/menit, dan variabel variasi tekanan 1 kg/cm<sup>2</sup> dan 2 kg/cm<sup>2</sup>. Tahap pertama adalah merangkai peralatan berupa 5 sel PEMFC yang terdiri dari endplate, current collector, bipolar plate sebagai separator, gasket (silikon), serta MEA (membrane electrode assembly). Elektroda yang digunakan adalah carbon paper, diolesi dengan tinta katalis Pt/C dengan loading 0.5 mg/cm<sup>2</sup>. Sementara membran yang dipakai adalah Nafion 50 µm. Selain itu, peralatan juga dilengkapi dengan pompa udara (blower) bertekanan 4 psi untuk mensuplai oksigen selama fuel cell beroperasi. Pada saat pengujian, laju alir dan tekanan gas diatur melalui regulator sebelum mengalir ke fuel sel. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh PEMFC kemudian dicatat, termasuk nyala lampu indikator fuel cell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju alir dan tekanan gas hidrogen mempengaruhi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh PEMFC. Semakin tinggi laju alir, maka arus dan tegangan yang dihasilkan juga semakin besar. Begitu juga untuk kenaikan tekanan gas hidrogen akan meningkatkan arus dan tegangan PEMFC. Arus dan tegangan tertinggi dihasilkan dari percobaan yang menggunakan laju alir 2,5 liter/menit dan tekanan 2 kg/cm<sup>2</sup>, yaitu sebesar 1,4 Ampere dan 7 Volt.

**Kata kunci : PEMFC, hidrogen, laju alir, tekanan, arus, tegangan**

**Abstract**

Nowadays, the needs of fossil fuel has increases when it availability was decreases. Therefore, it needs an alternative fuel with efficient and sustainable technology, just like *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*. This technology can convert hydrogen become electricity power. The performance of PEMFC was influences by some factor, such a process characteristic from hydrogen that used. The purposes of this study is to know the influence of hydrogen flow rate and it pressure to the efficiency of PEMFC, that is current and voltage which produced. The materials of this study is a pure hydrogen that feed into PEMFC with flow rate 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 dan 2,5 litre/minute, and variable of hydrogen pressure 1 kg/cm<sup>2</sup> and 2 kg/cm<sup>2</sup>. The first step of the experiment is assembly the 5 PEMFC cell which consist of endplate, current collector, bipolar plate sebagai as separator, gasket (silicon), and MEA (membrane electrode assembly). The electrode is carbon paper which coating by Pt/C catalysts ink with loading 0.5 mg/cm<sup>2</sup>. The membrane used is Nafion Nafion 50 µm. Beside that, it was completed by air pump (blower) with 4 Psi pressure, to supply oxygen along fuel cell operated. During operation, gas flow rate and pressure has been adjusted by regulator before insert the fuel cell. The current and voltage that produce by PEMFC was counted and the light of the LED lamp was observed. The results shows that the gas flowrate and pressure have influenced the current and voltage of electricity produced by PEMFC. The increase of gas flowrate was icreasing the current and voltage, as good as with gas pressure increase. The highest current and voltage are 1,4 Ampere and 7 volt, which produced from PEMFC with gas flowrate 2,5 litre/minute and pressure 2 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords : PEMFC, hydrogen, flow rate, pressure, current, voltage**

**1. PENDAHULUAN**

Saat ini, kebutuhan manusia pada sumber energi semakin meningkat. Tingginya mobilitas dan konsumsi manusia sehari-hari membuat penggunaan bahan bakar semakin meningkat, terutama bahan bakar fosil. Akan tetapi keberadaan sumber energi tidak terbarukan tersebut semakin terbatas, sehingga perlu dicarikan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, murah dan aman. Sel bahan bakar atau *fuel cell* merupakan jenis bahan bakar alternatif yang prospektif di masa depan [1].

Fuel cell adalah pembangkit yang berupa sel bahan bakar yang menghasilkan listrik melalui proses elektrokimia dengan mengkombinasikan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>). 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 [2]. *Fuel cell* direkomendasikan sebagai salah satu energi alternatif untuk kegiatan transportasi dan penghasil listrik. Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan *fuel cell* di dunia semakin menarik karena sifatnya yang aman dan menghasilkan efisiensi tinggi [3].

Sel bahan bakar (*Fuel cell*) merupakan teknologi elektrokimia yang secara kontinyu mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik selama terdapat bahan bakar dan pengoksidan. *Fuel cell* ini mereaksikan hidrogen dan oksigen menghasilkan listrik dengan produk samping berupa panas dan air tanpa proses pembakaran sehingga meminimalkan adanya polusi.

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 [4].

*Fuel cell* tersusun atas anoda, katoda dan elektrolit (membran). Pada anoda terdapat bahan bakar gas hidrogen. Anoda berperan sebagai tempat terjadinya pemecahan hidrogen ( $H_2$ ) menjadi proton dan elektron (listrik). Sedangkan pada katoda terdapat gas oksigen yang digunakan sebagai oksidator. Katoda berperan sebagai tempat terjadinya reaksi penggabungan proton, elektron dan oksigen untuk membentuk air. Hidrogen yang berasal dari anoda diubah menjadi ion hidrogen dan elektron. Pada katoda, oksigen direduksi dengan adanya elektron. Perbedaan potensial pada anoda dan katoda inilah yang menghasilkan arus listrik melalui elektrolit sebagai media untuk mengalirkan proton.

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)*. PEFC berbahan bakar hidrogen disebut *proton exchange membrane fuel cell (PEMFC)* sedangkan yang berbahan bakar metanol disebut *direct methanol fuel cell (DMFC)* [5]. Jenis *fuel cell* yang paling efektif digunakan adalah PEMFC, karena operasionalnya yang mudah yaitu menggunakan membran elektrolit untuk menghindari korosi, efisiensinya cukup tinggi, bebas polusi, dan dapat dioperasikan pada temperatur rendah.

Kehandalan PEMFC menjadi hal penting dalam aplikasi PEMFC terutama untuk alat transportasi dan pembangkit listrik. Beberapa faktor yang mempengaruhi kehandalan PEMFC di antaranya karakteristik material penyusun, kondisi operasi (kelembaban, temperatur, getaran), pengotor pada umpan anoda dan katoda, metode operasi (tunak dan *start-stop*), serta rancangan *stack* PEMFC. Faktor lainnya adalah kondisi bahan baku hidrogen yang digunakan, diantaranya adalah laju alir dan tekanan gas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir dan tekanan gas hidrogen terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sebuah PEMFC.

## 2. METODOLOGI

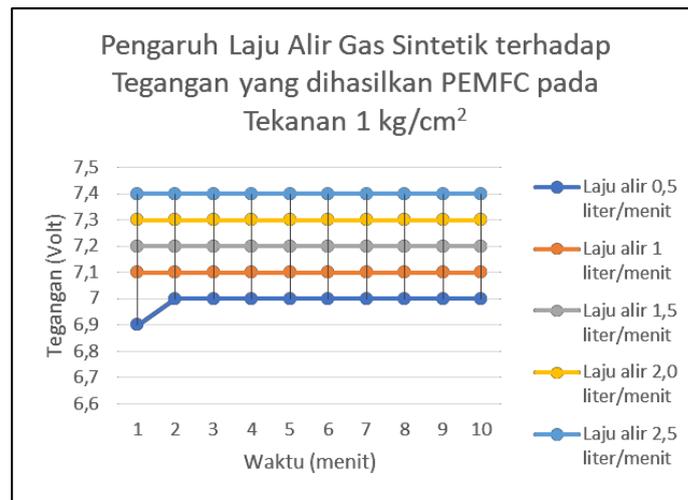
Peralatan yang digunakan adalah Prototipe *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)* berupa 5 cell PEMFC, yang tersusun dari endplate (plastik, GasHub Co.), current collector (plate Cu, GasHub Co.), bipolar plate sebagai separator (Grafit, GasHub Co.), gasket (silikon), serta MEA (membrane electrode 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  $0.5 \text{ mg/cm}^2$ . Membran yang dipakai adalah Nafion  $50 \mu\text{m}$  (NRE 212, DuPont) [6].

Pengujian performa fuel cell dilakukan dengan inlet bahan baku hidrogen yang divariasikan dengan laju alir 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 liter/min, serta tekanan gas sebesar 1 dan 2  $\text{kg/cm}^2$  sebagai variabel. Sementara untuk inlet oksigen, dipompa menggunakan blower bertekanan 4 psi [7]. Penyusunan single cell dilakukan dengan seri sehingga mendapatkan potensial dan daya yang lebih besar. Pengujian fuel cell akan dianalisa dengan Prodigit 3311D discharge analyzer, dimana akan dihasilkan data berupa arus dan tegangan hasil dari Fuel Cell.

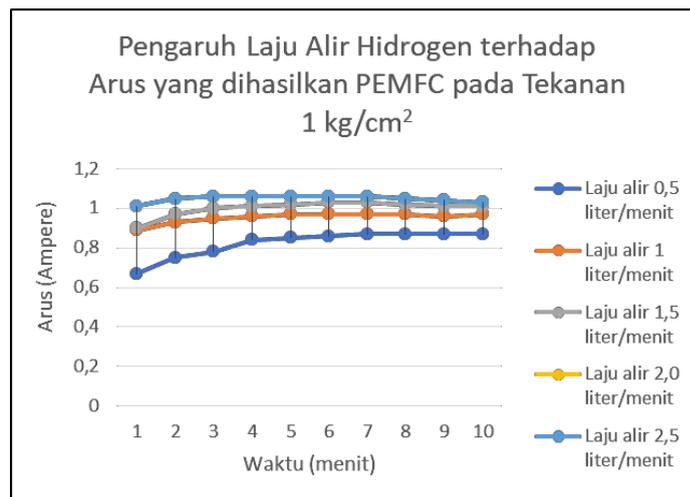
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan PEMFC dengan tekanan gas $1 \text{ kg/cm}^2$

Pengujian kinerja PEMFC dilakukan pada kondisi tekanan gas  $1 \text{ kg/cm}^2$  dengan variasi laju alir gas 0,5 liter/menit, 1 liter/menit, 1,5 liter/menit, 2 liter/menit dan 2,5 liter/menit. Hasil pengujian pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap arus tegangan yang dihasilkan oleh PEMFC ditunjukkan pada gambar 1 & 2 berikut.



Gambar 1. Pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap tegangan yang dihasilkan PEMFC pada tekanan  $1 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 2. Pengaruh laju alir hidrogen terhadap arus yang dihasilkan PEMFC pada tekanan  $1 \text{ Kg/cm}^2$

Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa variasi laju alir gas hidrogen pada tekanan  $1 \text{ kg/cm}^2$  memberikan pengaruh terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan PEMFC. Semakin besar laju alir

gas hidrogen maka semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan. Akan tetapi, semakin lama waktu penyalan, rata rata arus dan tegangan yang dihasilkan adalah konstan.

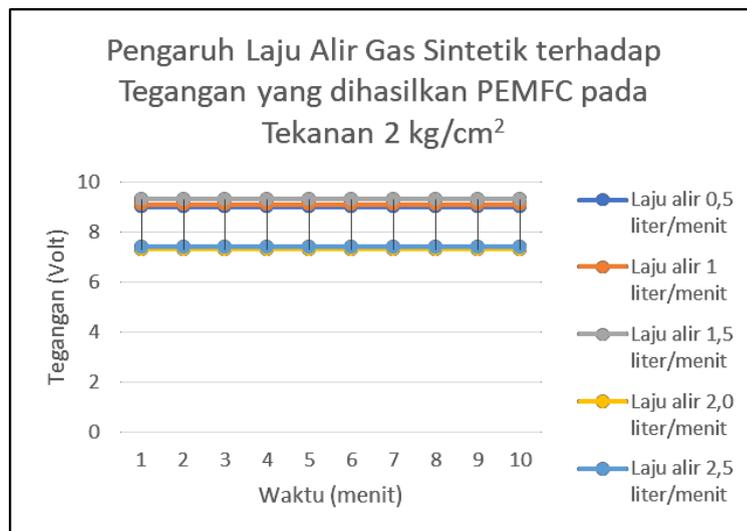
Pada tekanan gas hidrogen  $1 \text{ kg/cm}^2$ , untuk laju alir  $0,5 \text{ liter/menit}$  lampu yang terpasang pada rangkaian kondisinya belum nyala konstan. Kondisi lampu yang terpasang belum nyala konstan dalam artian terkadang mati dan terkadang menyala. Kemudian kipas yang terpasang pada PEMFC tidak bisa menyala. Sehingga oksigen yang digunakan untuk bereaksi dengan gas hidrogen tidak bisa maksimal masuk kedalam PEMFC. Kipas PEMFC mulai menyala setelah laju alir diperbesar menjadi  $1 \text{ liter/menit}$ . Kipas PEMFC menyala namun belum konstan selama 10 menit, terkadang nyala dan terkadang mati. Pada kondisi ini, lampu pada rangkaian juga belum bisa menyala konstan selama 10 menit, dikarenakan jika kipas belum menyala maka oksigen pun tidak bisa masuk kedalam PEMFC, sehingga reaksi antara oksigen dan hidrogen juga tidak bisa konstan. Tegangan dan arus tetap tercatat pada kondisi ini, dimana semakin lama waktu proses maka semakin konstan tegangan dan arus yang dihasilkan.

Ketika laju alir gas hidrogen dinaikkan menjadi  $2 \text{ liter/cm}^2$  telah berpengaruh terhadap nyala kipas PEMFC. Pada kondisi laju alir ini, kipas menyala konstan selama 10 menit, tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya laju alir keluaran gas hidrogen yang diberikan. Lampu yang terpasang menyala terang dan konstan selama 10 menit.

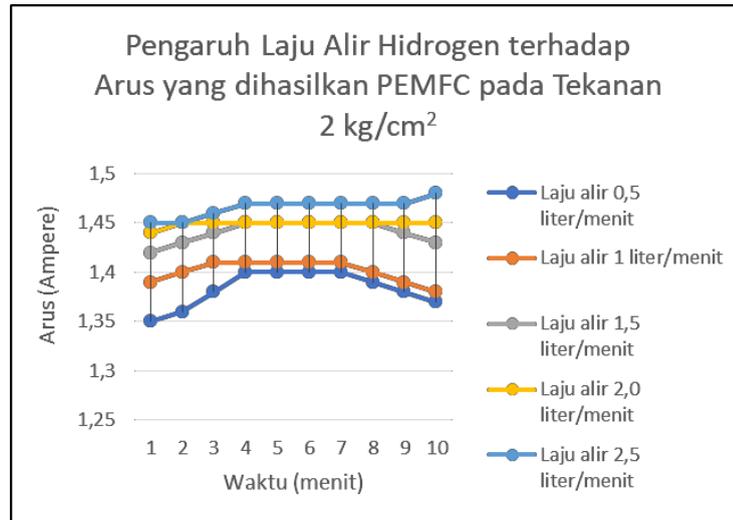
Saat besarnya laju alir gas hidrogen ditambah menjadi  $2,5 \text{ liter/menit}$ , ternyata berpengaruh terhadap besarnya arus dan tegangan yang dihasilkan. Arus dan tegangan semakin besar, dan lampu menyala sangat terang. Semakin bertambah waktu proses, maka semakin konstan arus, tegangan dan nyala lampu. Kipas PEMFC menyala kencang pada laju alir ini, sehingga oksigen yang digunakan untuk bereaksi dengan gas hidrogen mencukupi.

### Pengaruh laju alir gas hidrogen terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan PEMFC dengan tekanan gas $1 \text{ kg/cm}^2$

Gas yang digunakan untuk bahan bakar PEMFC divariasikan dengan menambah tekanan menjadi  $2 \text{ kg/cm}^2$ . Pada penambahan tekanan gas, didapatkan hasil arus dan tegangan pada PEMFC seperti dalam gambar 3 dan 4 seperti berikut.



Grafik 3. Pengaruh laju alir gas terhadap tegangan yang dihasilkan PEMFC pada tekanan  $2 \text{ kg/cm}^2$



Grafik 4. Pengaruh laju alir hidrogen terhadap arus yang dihasilkan PEMFC pada tekanan  $2 \text{ kg/cm}^2$

Penambahan tekanan  $2 \text{ Kg/cm}^2$  memberikan pengaruh terhadap bertambahnya arus listrik, bertambahnya tegangan, nyala kipas PEMFC dan nyala lampu pada rangkaian PEMFC. Pada penambahan tekanan ini, kipas PEMFC nyala kencang dari variasi laju alir 0,5 liter/menit. Penambahan arus dan penambahan tegangan naik secara signifikan dimulai dari variasi laju alir 0,5 liter/menit. Nyala lampu pada rangkaian listrik terlihat nyala terang dimulai dari variasi laju alir 0,5 liter/menit.

Peningkatan secara signifikan pada tekanan  $2 \text{ kg/cm}^2$  dipengaruhi oleh nyala kipas PEMFC yang konstan dari variasi laju alir gas 0,5 liter/ menit. Dengan nyala kipas PEMFC yang konstan, oksigen yang digunakan untuk reaksi dengan hidrogen sangat tercukupi. Reaksi hidrogen dan oksigen inilah yang menghasilkan aliran arus listrik dan tegangan konstan pada PEMFC. Dengan demikian PEMFC dapat membangkitkan listrik dengan konstan pada tekanan gas hidrogen sebesar  $2 \text{ kg/cm}^2$ . Semakin bertambah laju alir gas, semakin besar arus listrik dan tegangan yang dihasilkan.

#### 4. KESIMPULAN

Pada percobaan perlakuan uji PEMFC dengan beberapa variasi laju alir dan tekanan hidrogen ini, didapatkan hasil bahwa semakin bertambah laju alir gas dan tekanan hidrogen maka semakin bertambah nilai tegangan, arus serta daya yang dihasilkan. Lamanya waktu pengujian mempengaruhi bertambahnya keluaran yang dihasilkan, waktu pengujian bertambah maka semakin bertambah kondisi stabilnya tegangan yang dihasilkan, secara otomatis akan diikuti oleh bertambahnya arus dan daya yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Williams, M. C. (2011). *Fuel Cells: Technologies for Fuel Processing*, Elsevier, Spain
- [2] Larminie, J., Dicks, A.L. (2000). *Fuel Cell Systems Explained*, Wiley, New York, 308.
- [3] Kim, Y. S., Kim, D. S., Guiver, M. D. and Pivovar, B. S. (2011). Interpretation of Direct Methanol Fuel Cell Electrolyte Properties Using Non-Traditional Length-Scale Parameters, *Journal of Membrane Science*, 374, 49 – 58
- [4] Dewi, E.L., Ismujanto, T., Chandrasa, G.T., (2008). *Pengembangan dan Aplikasi Fuel Cell*, Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Mesin. Yogyakarta, 22 November 2008.
- [5] Paganin, V.A., Ticianelli, E.A., Gonzalez, E.R., (1998). Development of small polymer electrolyte fuel cell stacks, *Journal of Power Sources* 70, 55-58.
- [6] Dewi, E.L., (2008). *A Key of Good MEA Preparation Methods and Single Stack Proton Exchange Membrane Fuel Cell Test Using Hydrogen as Fuel*. Proceeding of Sriwijaya International Seminar on Energy Science and Technology, FC08, 42. *Energi Conversion and Management*, 52, 1778–1789.