

## MEMBRAN FUEL CELL UNTUK SUHU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN ASAM FOSFAT

Garlina Lestari<sup>1</sup>, Dr. Sunit Hendrana<sup>2</sup>, Mamat Rokhmat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) dikenal pula dengan nama Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell merupakan salah satu jenis fuel cell yang menggunakan elektrolit berbahan polimer. PEMFC saat ini mulai mendapat perhatian sebagai sumber energi terbarukan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti efisiensinya yang tinggi (>50%) bahkan dapat mencapai 80%, dan memiliki kisaran daya mulai dari miliwatt sampai dengan megawatt.

Terlepas dari keunggulan tersebut, terdapat beberapa permasalahan pada PEMFC. PEMFC sensitif terhadap kontaminasi zat asing khususnya CO (CO - poisoning) yang dapat menonaktifkan katalisator pada fuel cell, kinetik yang rendah, dan perlunya pengaturan humiditas. Oleh karena itu, untuk mengatasi beberapa permasalahan diatas diperlukan fuel cell dengan suhu tinggi (high temperature PEMFC). Dengan demikian diperlukan desain membran yang baru. Polimer yang digunakan pada penelitian ini adalah polimer berbahan dasar polistiren tersulfonasi (sPS) dengan penambahan ma triks Polyethylene - grafted - Maleic Anhydride (PE - g - MAH) dan ditambahkan dengan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) serta larutan supramolekular. Membran akan dikarakterisasi dengan SEM - EDS (Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy), FTIR (Fourier Transform Infrared), EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy), dan Cyclic Voltammetry.

Kata Kunci : fuel cell, PEMFC, katalisator, asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), supramolekular, polistiren tersulfonasi (sPS), PE - g - MAH, SEM - EDS, FTIR, EIS, Cyclic Voltammetry.

---

### Abstract

Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) is also known by the name of Electrolyte Polymer Membrane Fuel Cell is one type of fuel cell that uses a polymer - based electrolyte. PEMFC are now starting to receive attention as a renewable energy source because it has several advantages, such as high efficiency (> 50%) can even reach 80%, and have a range of energies from milliwatts to megawatts

Apart from these advantages, there are some problems in the PEMFC. PEMFC contamination sensitive to foreign substances, especially CO (CO - poisoning) which can deactivate the catalyst in the fuel cell, a low kinetic, and the need for humidity settings. Therefore, to overcome some of the problems above required fuel cell with high temperature (high temperature PEMFC). This calls for a new membrane design. Polymers used in this study is based polymers sulfonated polystyrene (SPS) with the addition of polyethylene - grafted - Maleic Anhydride (PE - g - MAH) and added with phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) and supramolekular solution.

Membrane will be characterized by SEM - EDS (Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy), FTIR (Fourier Transform Infrared), EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy), and Cyclic Voltammetry.

Keywords : fuel cell, PEMFC, catalyst, phosphoric acid (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), supramolekular, sulfonated polistyrene (sPS), PE - g - MAH, SEM - EDS, FTIR, EIS, Cyclic Voltammetry.

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan suatu kebutuhan dasar bagi masyarakat modern. Tanpa energi, masyarakat akan sulit melakukan berbagai kegiatan. Pada era globalisasi seperti sekarang ini, kebutuhan akan energi semakin besar. Seiring dengan peningkatan kebutuhan ini, penggunaan sumber daya penghasil energi juga semakin tinggi. Kelangkaan sumber energi fosil dan kerusakan lingkungan yang diakibatkannya menjadi permasalahan yang cukup serius. Seperti kita ketahui, sumber energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan.

Sejak tahun 2006, Indonesia mulai memasuki era kebangkitan energi ke II. Berbeda dengan era kebangkitan energi I yang terjadi pada tahun 1966, pada era kebangkitan energi II, pengembangan energi memprioritaskan pada pengembangan energi alternatif sebagai sumber energi dan mengurangi penggunaan energi berbasis minyak bumi. Melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, pemerintah telah menetapkan bauran energi nasional tahun 2025 dimana peran minyak bumi sebagai energi akan dikurangi dari 52% saat ini hingga kurang dari 20% pada tahun 2025. Pada tahun 2025 itu pula, energi alternatif diharapkan mulai mengambil peran yang lebih penting dengan menyuplai 17% terhadap bauran energi nasional (Legowo, 2007).

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian-penelitian untuk menemukan alternatif baru penghasil energi. Namun di sisi lain, seiring dengan perkembangan teknologi, tuntutan untuk tetap menjaga lingkungan juga semakin meningkat.

Hidrogen merupakan salah satu bentuk sumber energi terbarukan yang dapat menjembatani permasalahan diatas. Dewasa ini hidrogen menjadi perhatian besar pada banyak negara, terutama di negara maju. Hidrogen diproyeksikan oleh banyak negara akan menjadi bahan bakar masa depan yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien. Dimana suplai energi yang dihasilkan sangat bersih karena hanya menghasilkan uap air sebagai emisi selama berlangsungnya proses.

Salah satu aplikasi hidrogen sebagai sumber energi yaitu pada *fuel cell*. *Fuel cell* merupakan alat konversi elektrokimia yang berfungsi mengubah energi kimia *fuel* (bahan bakar) secara kontinyu menjadi energi listrik. Saat ini terdapat beberapa jenis *fuel cell*, seperti *Alkaline* (AFC), *Proton exchange membrane*, juga disebut *Proton Electrolyt Membrane* (PEM), *Phosphoric Acid* (PAFC), *Direct methanol fuel cells* (DMFC), dan lain-lain.

*Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) dikenal pula dengan nama *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* karena menggunakan elektrolit berbahan polimer. *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) adalah *fuel cell* yang berbahan bakar hidrogen, dimana proton diantarkan melalui suatu membran pertukaran *solid state* berbahan polimer. PEMFC saat ini mulai mendapat perhatian sebagai sumber energi terbarukan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti efisiensinya yang tinggi (>50%) bahkan dapat mencapai 80%, dan memiliki kisaran daya mulai dari miliwatt sampai dengan megawatt.

Namun terlepas dari keunggulan tersebut, terdapat beberapa permasalahan pada PEMFC. PEMFC sensitif terhadap kontaminasi zat asing khususnya CO (*CO-poisoning*) yang dapat menonaktifkan katalisator pada *fuel cell*, kinetik yang rendah, dan perlunya pengaturan humiditas.

Untuk mengatasi beberapa permasalahan diatas diperlukan *fuel cell* dengan suhu tinggi (*high temperature* PEMFC) yang beroperasi pada suhu 100°C-200°C [17]. Oleh karena itu, diperlukan desain membran yang baru agar membran dapat digunakan pada *fuel cell* dengan suhu tinggi. Polimer yang digunakan pada penelitian ini adalah polistirena yang sudah disulfonasi (sPS) dengan penambahan matriks PE-g-MAH dan ditambahkan dengan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) serta larutan supramolekular.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Metoda apa yang digunakan untuk pendistribusian asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) pada membran.

2. Apa pengaruh penambahan zat aditif asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) terhadap sifat ionik membran.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

1. Membran ditujukan untuk *proton exchange membrane fuel cell* suhu tinggi ( $100^{\circ}C-120^{\circ}C$ ).
2. Bahan dasar pembuatan membran adalah polistiren tersulfonasi (sPS) dengan penambahan matriks *Polyethylene-grafted-Maleic Anhydride* (PE-g-MAH)..
3. Zat aditif yang digunakan adalah asam fosfat ( $H_3PO_4$ ).
4. Metode yang digunakan untuk pendistribusian asam fosfat adalah perendaman dan pemanasan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Mengetahui metode yang digunakan dalam proses pendistribusian asam fosfat pada membran.
2. Mampu menganalisis karakteristik membran yang telah dibuat.

### 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian pada tugas akhir adalah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur  
Proses pembelajaran teori-teori berupa buku, jurnal, paper maupun e-books guna mendukung penyusunan tugas akhir ini.
- b. Konsultasi dan Bimbingan  
Konsultasi dilakukan secara berkala dengan dosen pembimbing dan pihak-pihak yang mengerti tentang *membrane fuel cell*.
- c. Pembuatan Membran

Pada tahap ini akan dilakukan pencetakan membran *fuel cell* dengan penambahan zat aditif asam fosfat ( $H_3PO_4$ ).

d. Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap karakteristik sifat ionik membran yang telah dibuat.

e. Pengambilan Kesimpulan

Tahap ini dilakukan sebagai dokumentasi dari seluruh proses pengerjaan tugas akhir dan pengambilan kesimpulan berdasarkan analisis yang sudah didapat.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah yang akan dibahas, pembatasan masalah, tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini, dan metodologi penelitian yang digunakan demi menunjang pembuatan pembuatan tugas akhir, serta sistematika penulisan.

### **BAB 2 DASAR TEORI**

Pada bab ini membahas berbagai teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang metode yang digunakan guna tercapainya tujuan tugas akhir ini serta alat dan bahan yang mendukung.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap karakteristik dan konduktivitas ionik membran *fuel cell* yang telah dibuat dengan metode yang telah ditentukan.

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir ini serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Penambahan asam fosfat pada membran dapat menaikkan nilai konduktivitas membran, hal tersebut dikarenakan asam fosfat bersifat *triprotic* atau mampu melakukan *self ionization*. Kemampuan asam fosfat untuk *self ionization* menjadi  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  membuat konduktivitas ionik semakin meningkat karena  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  merupakan pembawa proton yang efektif. Sehingga membran dapat digunakan pada *fuel cell* dengan suhu tinggi..Membran dengan nilai konduktivitas tertinggi adalah membran dPdS dengan nilai konduktivitas sebesar  $2,247 \times 10^{-2} \text{ S.cm}^{-1}$ .
2. Metode penambahan asam fosfat dengan pemberian tekanan (pemanasan) dinilai cukup efektif, karena dengan tekanan tersebut asam fosfat mampu menembus pori-pori membran dan tersebar lebih merata dibandingkan dengan metode perendaman saja. Hal ini terbukti dari hasil pengujian konduktivitas dengan EIS dan terlihat sebaran asam fosfat dalam membran dari pengukuran dengan SEM - EDS.
3. Larutan supramolekular pun merupakan salah satu faktor yang memiliki peran cukup besar dalam meningkatkan konduktivitas membran, karena ikatan supramolekular mampu mengarahkan gugus  $-\text{SO}_3\text{H}$  untuk membentuk jalur dalam transportasi proton dari anoda menuju katoda.

## 5.2 Saran

Asam fosfat dapat meningkatkan konduktivitas ionik dari membran yang dibuat untuk temperatur tinggi. Dengan pemahaman mekanisme dari asam fosfat akan memudahkan mendesain membran *fuel cell* untuk temperatur tinggi.

Oleh karena itu sangat diperlukan studi mendalam dari membran ini melalui telaahan dari pengukuran *Cyclic Voltammetry (CV)* dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendrana, S. 2007. Pengembangan Membran Polimer Untuk Proton Exchange Membrane. Pusat Penelitian Fisika –LIPI
- [2] T. Maiyalagan, Sivakumar Pasupathi. Components for PEM Fuel cells: An Overview \* South African Institute for Advanced Materials Chemistry (SAIAMC), University of the Western Cape, Modderdam Road, Bellville 7535, Cape Town, South Africa
- [3] Pukrushpan JT, Peng AGH. 2002. Modeling and control for PEM fuel cell stack system. American Control Conference, Proceedings of the 2002, 4:3117–3122
- [4] Barbir F. 2005. “PEM fuel cells: theory and practice”. Elsevier, Burlington, MA, USA
- [5] Ginting, Irwan. 2010. Pembuatan Membran Polimer Elektrolit Berbasis Polistiren Akrilonitril (SAN) untuk Aplikasi *Direct Methanol Fuel Cell*. Jurnal Natur Indonesia 13(1),
- [6] Wisojodharmo, Lies. 2012. KARAKTERISASI GRAFIT MATRIKS POLISTIREN SEBAGAI MATERIAL UNTUK SEPARATOR *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL*. Pusat Teknologi Material (PTM)-BPPT
- [7] Fuqiang Liu. 2002. Nafion/PTFE composite membranes for fuel cell applications. *Journal of Membrane Science* 212, 213–223
- [8] Supramaniam Srinivasan. 2006. Fuel Cells: From Fundamentals to Applications. Springer.
- [9] MS Wilson and S. Gottesfeld. 1992. Thin-film catalyst layers for polymer electrolyte fuel cell electrodes. *Journal of Applied Electrochemistry*, 22(1):1(7).
- [10] Siang Tandi Gonggo. 2012. Properties of Polymer Electrolyte Membranes Prepared by Blending Sulfonated Polystyrene with Lignosulfonate. ITB J. Sci., Vol. 44 A, No. 3, 2012, 285-295

- [11] Mathias Ulbricht. 2006. Advanced functional polymer membranes. *Polymer* 47 (2006) 2217–2262
- [12] C Yang. 2001. Approaches and technical challenges to high temperature operation of proton exchange membrane fuel cells. *Journal of Power Sources* 103 (2001), 1–9
- [13] Jay B. Benziger, J. Moxley, S. Tulyani, A. Turner, A.B. Bocarsly, Y.G. Kevrekidis. *The Autohumidification Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell*. Princeton University
- [14] D. Feroldi, M.S. Basualdo. 2012. *Description of PEM Fuel Cells System*. Springer-Verlag London Limited
- [15] Kremer F., Schonhals A., Luck W. *Broadband Dielectric Spectroscopy*. – Springer-Verlag, 2002
- [16] Sidorovich A. M., *Dielectric Spectrum of Water*. – Ukrainian Physical Journal, 1984, vol. 29, No 8, p. 1175-1181 (In Russian)
- [17] C.M. Rangel, T. Sousa. 2011. *High Temperature Polymer Electrolyte Fuel Cells*. ISQ-Instituto de Soldadura e Qualidade, Portugal
- [18] Jean-Michel Guenet, Claude Picot. 1983. *Bulk Crystallization of Isotactic Polystyrene near Its Melting Point: A Neutron Scattering Study of the Chain Trajectory*. Centre de Research sur les Macromolecules (CNRS), 67083 Strasbourg Cedex, France
- [19] Nikhil H. 2006. *Development of Nanocomposite Polymer Electrolyte Membranes for Higher Temperature PEM Fuel Cells*. Worcester Polytechnic Institute
- [20] Prof. Sakhshiri. 2008. *Chemical of The Week Phosphoric Acid, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*. General Chemistry