

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Konsumsi dunia terhadap energi listrik kian meningkat seiring pesatnya teknologi elektronika. Alternatif yang menarik datang dari *fuel cell*, yang diharapkan dapat menghasilkan energi listrik dengan efisiensi tinggi dan gangguan lingkungan yang minimal. *Fuel cell* merupakan sumber energi alternatif pengganti minyak bumi yang bersifat dapat diperbaharui, ramah lingkungan, dan mempunyai efisiensi tinggi. *Fuel cell* dapat langsung mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik seperti halnya baterai (Ledyastuti, 2007). Pada elektrolisis, arus listrik digunakan untuk menguraikan air menjadi hidrogen dan oksigen. Dengan membalik proses ini, hidrogen dan oksigen direaksikan dalam *fuel cell* untuk memproduksi air dan arus listrik.

*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. Grove (“*Gaseous Voltaic Battery*”) dan kini sedang dikembangkan industri untuk mengatasi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang semakin kritis. (Dewi, *et al*, 2008). Konversi energi *fuel cell* biasanya lebih efisien daripada jenis pengubah energi lainnya. Efisiensi konversi energi dapat dicapai hingga 60-80%. Keuntungan lain *fuel cell* adalah mampu menyuplai energi listrik dalam waktu yang cukup lama. Tidak seperti baterai yang

hanya mampu mengandung material bahan bakar yang terbatas, *fuel cell* dapat secara kontinu diisi bahan bakar (hidrogen) dan oksigen dari sumber luar. *Fuel cell* merupakan sumber energi ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polutan dan sungguh-sungguh dapat digunakan terus-menerus jika ada suplai hidrogen yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui (Mahasiswanegarawan, 2007).

Walaupun *Fuel Cell* telah mulai digunakan dalam berbagai bidang kegiatan, masih mahalunya beberapa komponen utama *fuel cell*, membuat teknologi ini kurang kompetitif secara ekonomis dalam pemanfaatannya. Salah satu permasalahan yang masih dicarikan solusinya agar *fuel cell* dapat mencapai produk target yang ekonomis dan memiliki efisiensi tinggi adalah pengembangan bahan membran dan elektrolit/katalis.

Saat ini, penggunaan *fuel cell* seperti pada otomotif, beroperasi pada suhu sekitar 200 °C dan material yang digunakan biasanya polimer komposit atau polimer nonkomposit. Saat ini membran yang banyak digunakan untuk aplikasi *fuel cell* adalah membran yang terbuat dari polimer fluoro dengan menambahkan rantai cabang yang mengandung gugus sulfonat, yang dikenal dengan nama dagang Nafion. Kemampuan Nafion untuk penghantar proton sudah cukup baik dengan konduktivitas sekitar 0,1 S/cm [Informasi produk DuPont™] (Dewi *et al*, 2007). Nafion masih memiliki kekurangan yaitu konduktivitas proton semakin menurun dengan meningkatnya humiditas udara akibat suhu yang semakin tinggi (>80 °C), dimana syarat membran untuk konduktivitas proton yaitu harus kering. Kendala lain dari membran polimer, misal untuk aplikasi DEMFC yaitu

permeabilitas yang tinggi terhadap metanol. Karena adanya aliran *crossover* metanol melalui membran menuju katoda, kinerja *fuel cell* terkadang mengalami penurunan. Karena alasan inilah maka penggunaan membran polimer organik untuk *fuel cell* kurang ideal, dan diperlukan penemuan solusi baru. (Hennige *et al.*, 2004).

Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh Sumirat, 2010 yang mensintesis membran kitosan sulfonat dan dimodifikasi dengan cairan ionik *fatty* imidazolinium sebagai membran pada sel bahan bakar (*fuel cell*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa impregnasi *fatty* imidazolinium dapat meningkatkan konduktivitas dan kapasitas pertukaran proton membran, dengan data sebagai berikut:

**Tabel 1.1** Perbandingan Nilai Konduktivitas Membran Kitosan

Jenis Membran	Nilai Konduktivitas Ion
Membran Kitosan	$2,84 \times 10^{-5}$
Membran Kitosan Sulfonat	$2,87 \times 10^{-5}$
Komposit Kitosan Sulfonat/Str-Imdzn-I	$2,93 \times 10^{-5}$
Komposit Kitosan Sulfonat/Pal-Imdzn-I	$2,95 \times 10^{-5}$
Komposit Kitosan Sulfonat/Ole-Imdzn-I	$3,10 \times 10^{-5}$

Membran kitosan tersebut mengalami peningkatan konduktivitas dengan adanya penambahan *fatty* imidazolinium. Namun membran tersebut memiliki kestabilan mekanik dan termal yang rendah sehingga mudah mengalami pengembangan (*swelling*) dan dapat mengakibatkan konduktivitas membran menurun.

Telah ditemukan bahwa keramik, membran penghantar ion yang mengandung cairan ionik memiliki konduktivitas proton dan kation yang baik

**Raisa Khairani, 2013**

Preparasi Dan Karakterisasi Keramik Terimpregnasi Garam Fatty Imidazolinium Sebagai Material Bifungsional Membran-Elektrolit Pada Sel Bahan Bakar

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

bahkan pada suhu di atas  $100^{\circ}\text{C}$ . Selain itu, membran tersebut juga menunjukkan permeabilitas metanol yang kecil dan tetap *gastight* bahkan pada tekanan tinggi. Untuk meningkatkan daya hantar ionnya, membran keramik dapat diimpregnasi dengan cairan ionik, yang memiliki titik didih lebih tinggi dari air. Dengan menggunakan membran tersebut memungkinkan untuk menghasilkan *fuel cell* dengan kinerja baik pada temperatur tinggi dalam kondisi lingkungan yang tetap kering (Hennige *et al.*, 2004).

Pada penelitian yang diusulkan akan dilakukan pengembangan material membran dan elektrolit dalam bentuk komposit membran keramik dan cairan ionik. Cairan ionik (*Ionic Liquids, ILs*) merupakan salah satu elektrolit yang potensial digunakan pada *fuel cell*, dikarenakan memiliki rentang cair yang sangat lebar, tidak menguap (*non volatile*), tidak terbakar (*non flammable*), stabilitas panas, stabilitas kimia, dan stabilitas elektrokimia yang tinggi (dalam beberapa kasus mempunyai stabilitas termal sampai  $400^{\circ}\text{C}$ ), nilai tekanan uap yang dapat diabaikan, kemampuan melarutkan banyak senyawa organik dan anorganik serta sifat kedapatlarutan (*miscibility*) yang beragam dengan pelarut air dan pelarut organik (Davis, *et al.*, 2003). Sifat dari cairan ini dapat disesuaikan dengan mengubah struktur kation dan anionnya (*tailored-made solvents*) (Gordon, 2003). Sel bahan bakar yang menggunakan sistem komposit membran-elektrolit cairan ionik ini dikenal sebagai *ionic liquids fuel cell (ILFs)* (Souza, 2003).

Hasil penelitian sebelumnya (Kosmulski *et al.*, 2005) menunjukkan matriks komposit keramik berbasis alumina yang dimodifikasi dengan cairan ionik 1-butyl-3-methylimidazolium ( $\text{BMI}$ ) $\text{CF}_3\text{SO}_3$  melalui proses impregnasi dapat

menghasilkan konduktivitas hingga 684  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Selain itu, material komposit tersebut juga memiliki ketahanan mekanik yang tinggi serta kestabilan termal di atas suhu 200 °C.

Cairan ionik yang akan dikompositkan pada penelitian ini adalah garam organik berbasis kation *fatty* imidazolinium. Garam ini bersifat *biodegradable*; dapat disintesis dari sumber terbarukan lokal (asam lemak) dengan metode gelombang mikro yang lebih *green* (Bajpai dan Tyagi, 2008); memiliki stabilitas panas, stabilitas kimia, dan stabilitas elektrokimia yang tinggi; dan memiliki daya hantar ionik yang juga tinggi (Mudzakir, *et al.*, 2008).

Komposit membran-elektrolit keramik-*fatty* imidazolinium yang akan dikembangkan pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi komposit membran-elektrolit lokal yang ekonomis, ramah lingkungan dan memiliki efisiensi tinggi sehingga dapat bermanfaat untuk aplikasi dan pengembangan *ionic liquids fuel cells (ILFs)* maupun sistem *fuel cell* pada umumnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal yang dikemukakan di atas, rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mempersiapkan komposit membran-elektrolit berbasis keramik-*fatty* imidazolinium dengan memvariasikan tiga substitusi gugus alkil pada struktur kation elektrolit dengan gugus oleil *cis* [*cis*- $\omega$ -9- $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2$ -], stearil [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{-CH}_2$ -], dan palmitil [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{-CH}_2$ -], dan dengan anion iodida (I)?

2. Bagaimana karakteristik fisikokimia (daya hantar ionik, kestabilan termal, dan kapasitas penukar ion) serta morfologi dari komposit membran-elektrolit keramik-*fatty* imidazolinium tersebut?

### 1.3 Batasan Masalah Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan material membran-elektrolit keramik-*fatty* imidazolinium untuk sel bahan bakar beserta karakter fisikokimia dan morfologinya. Adapun material yang akan dibuat adalah kristal cair ionik berbasis garam *fatty* imidazolinium dengan memvariasikannya tiga substitusi gugus alkil pada kation dengan gugus palmitil [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{-CH}_2\text{-}$ ], stearil [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{-CH}_2\text{-}$ ], dan oleil cis [ $\text{cis-}\omega\text{-9-CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{-}$ ] dengan anion iodida; dan matriks keramik berbasis alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan material komposit membran-elektrolit berbasis keramik-*fatty* imidazolinium dengan memvariasikan tiga substitusi gugus alkil pada kation elektrolit dengan gugus oleil cis [ $\text{cis-}\omega\text{-9-CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{-}$ ], stearil [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{-CH}_2\text{-}$ ], dan palmitil [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{-CH}_2\text{-}$ ], dengan anion iodida (I).
2. Mengetahui karakter fisikokimia dan morfologi dari komposit keramik-*fatty* imidazolinium sebagai elektrolit pada sel bahan bakar (*fuel cell*).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan bagi perkembangan teknologi industri di Indonesia terutama dalam material membran-elektrolit baru pada *fuel cell* yang memiliki berbagai kelebihan dibanding membran dan elektrolit sebelumnya. Dengan demikian, *fuel cell* memiliki efisiensi tinggi dan ramah lingkungan dengan biaya produksi murah dapat terwujudkan dan diaplikasikan pada berbagai bidang.

