

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Krisis energi merupakan masalah yang muncul dewasa ini. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai tumpuan utama penyuplai energi sudah tidak relevan dengan keadaan yang ada. Semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil menyebabkan semakin perlunya dicari energi terbarukan sebagai pengganti. Energi terbarukan menjadi salah satu hal yang dibutuhkan dewasa ini terutama energi yang ramah lingkungan. Salah satu energi yang mulai dikembangkan sebagai energi terbarukan adalah *fuel cell*. *Fuel cell* merupakan perangkat elektrokimia dengan bentuk yang menyerupai baterai pada umumnya dan terdapat elektroda (anoda dan katoda) dengan bahan elektrolit. *Fuel cell* menghasilkan listrik dari bahan bakar hidrogen dan oksidan (Williams, 2011). *Fuel cell* dapat menghasilkan energi listrik secara kontinu dengan tersedianya suplai bahan bakar eksternal. Di luar negeri, *fuel cell* telah banyak digunakan sedangkan di Indonesia masih dalam tahap penelitian. *Fuel cell* muncul sebagai pilihan yang menarik untuk dikembangkan karena efisiensi energi yang tinggi dibandingkan pembangkit listrik konvensional, ramah lingkungan, toleransi terhadap bahan bakar, dan emisi SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> yang sangat rendah (Raharjo *et al.*, 2007 dan Smitha *et al.*, 2006).

Beberapa jenis *fuel cell* yang sedang dikembangkan dibagi atas empat kelompok berdasarkan karakteristik elektrolitnya, yaitu: *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC), *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC), *Proton Exchange Membrane Fuel*

*Cell* (PEMFC), dan *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). Jenis PEMFC dan PAFC memiliki temperatur operasi yang rendah (50°-200°C). Sedangkan, jenis MCFC dan SOFC memiliki temperatur operasi yang tinggi (600°-1000°C) (Raharjo *et al.*, 2007). Keuntungan potensial dapat diperoleh jika *fuel cell* dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, diantaranya mempunyai efisiensi yang tinggi sekitar 40-60%, sistem yang ramah lingkungan, penempatan yang fleksibel, dan penggunaannya luas (dari skala kecil hingga skala besar) (Mariam *et al.*, 2011).

*Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) salah satu contoh *fuel cell* yang memiliki *Proton Exchange Membrane* (PEM). *Fuel cell* PEM merupakan komponen penting untuk memperoleh energi listrik dan panas serta sebagai alat transportasi proton. PEMFC memiliki banyak keuntungan seperti suhu operasional yang rendah, biaya rendah, dan kesesuaian untuk operasi yang diskontinyu (Wee, 2006). Saat ini banyak negara yang meneliti perkembangan *fuel cell* dalam prototipe kendaraan.

Saat ini membran yang digunakan untuk PEM adalah fluoro-polimer yaitu politetrafluoroetilena (PTFE), dengan adanya rantai cabang bergugus sulfonat dan dikenal dengan nama dagang Nafion. Nafion memiliki kemampuan sebagai membran yang efisien karena dapat menahan gas H<sub>2</sub> dan menghantarkan proton dengan baik (Yohan *et al.*, 2005). Namun, nafion juga memiliki kelemahan, yaitu *crossover* metanol yang tinggi dan *cost* untuk membuat nafion yang tinggi (Ledyastuti *et al.*, 2007). Sehingga diperlukan pengganti nafion yang memiliki biaya produksi dan *crossover* metanol yang rendah namun, konduktivitas proton tinggi serta dapat tahan lama.

Kitosan merupakan pengganti nafion berasal dari limbah hasil laut atau polimer alam dan ekonomis. Kitosan merupakan polimer alam hasil deasetilasi kitin, zat yang terdapat dalam kerangka tubuh golongan *Crustaceae* dan dinding sel jamur. Kitosan dapat berfungsi dengan baik sebagai membran polimer elektrolit dan sebagai bahan untuk ion-solvating membran polimer komposit. Keuntungan dari kitosan sebagai membran polimer elektrolit, antara lain: (1) kitosan memiliki harga yang murah serta ramah lingkungan; (2) tingkat hidrosifilitas kitosan dipengaruhi suhu tinggi dan kelembaban lingkungan yang rendah; (3) kitosan mempunyai permeabilitas metanol yang rendah; (4) kitosan memiliki gugus fungsional OH dan NH<sub>2</sub> untuk modifikasi secara kimia sesuai sifat-sifatnya (Ma dan Sahai, 2012). Kitosan dapat dijadikan sebagai membran *fuel cell* karena konduktivitas yang dimiliki sebesar  $3,87 \times 10^{-7} \text{ S cm}^{-1}$  (Sudaryanto *et al.*, 2012). Kitosan memiliki kelemahan sebagai membran *fuel cell*, salah satunya adalah stabilitas termal yang buruk sebagaimana sifat polimer alam lainnya yaitu tidak tahan pada suhu di atas 100°C. Sehingga, kitosan perlu modifikasi dengan *crosslinker* berupa material anorganik seperti zeolit A, bentonit dan kalsium oksida (CaO). Beberapa *crosslinker* kitosan dapat berupa polimer sintetik dan zat asam seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Crosslinking* dari kitosan ini berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik membran. Kitosan tanpa *crosslinker* memiliki kapasitas penukar ion sebesar 2,50 m<sub>eq</sub> g<sup>-1</sup> dan meningkat menjadi 5,15-5,66 m<sub>eq</sub> g<sup>-1</sup> untuk *crosslinker* H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Ma dan Sahai, 2012).

Penelitian yang memanfaatkan CaO sebagai *crosslink* yaitu dalam komposit membran kitosan-*Poly(vinyl alcohol)* (PVA). Penelitian Mat dan Liong (2009),

senyawa CaO untuk meningkatkan permeabilitas metanol dari PVA karena CaO memiliki sifat higroskopis. Senyawa CaO juga dapat ditambahkan dalam oksida Zirkonia ( $ZrO_2$ ) untuk aplikasi SOFC. Karakteristik CaO dalam penelitian tersebut yaitu CaO sebagai penghalang metanol sehingga penyerapan terhadap air lebih tinggi dibandingkan penyerapan metanol. Permeabilitas membran hasil penelitian tersebut lebih rendah dibandingkan nafion dan semakin menurun dengan penambahan CaO yang lebih banyak yaitu dari  $3,19 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  menjadi  $1,03 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ . Senyawa CaO memiliki daya serapan rendah terhadap metanol, sehingga hasil komposit dengan CaO dapat dijadikan salah satu bahan pengganti nafion. Komposit CaO memiliki ketahanan transportasi proton yang baik karena konduktivitas protonnya lebih rendah daripada nafion. Hasil dari penelitian Mat dan Liang (2009) konduktivitas protonnya yang menurun dari  $0,038 \text{ S cm}^{-1}$  menjadi  $0,001 \text{ S cm}^{-1}$ . Menurunnya konduktivitas proton ini salah satunya disebabkan rendahnya serapan air oleh membran matriks kitosan-PVA-CaO. Senyawa CaO pada konsentrasi tinggi akan mengalami aglomerasi sehingga dapat mengganggu konduktivitas proton. Peningkatan koefisien difusi membran sebanding dengan bertambahnya konsentrasi CaO yaitu dari  $5,19 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  menjadi  $8,49 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ .

Penelitian Buono (2013) menghasilkan konduktivitas proton sebesar  $2,2 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  dari kitosan *hybrid* zeolit A tersulfonasi, sedangkan penelitian dengan kitosan *hybrid* bentonit menghasilkan konduktivitas proton sebesar  $4,86 \times 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ . Penelitian komposit kitosan-*Poly(Vinyl) Alcohol* (PVA)-CaO juga telah

dilakukan oleh Mat dan Liong (2009) dan dihasilkan konduktivitas kitosan yang naik hingga  $0,0023 \text{ S cm}^{-1}$  dari kitosan *hybrid* bentonit.

Berdasarkan hasil konduktivitas proton penelitian kitosan *crosslink* dengan CaO, maka diperlukan pengganti supaya konduktivitas proton dari membran meningkatkan. Salah satu caranya yaitu dengan cara sulfonasi. Terdapat penelitian membran kitosan yang di-*crosslink* dengan glutaraldehid dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Dalam penelitian Smitha *et al.* (2006), kitosan yang di-*crosslink* dengan glutaraldehid dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) menghasilkan konduktivitas proton sebesar  $0,024 \text{ S cm}^{-1}$  dan permeabilitas proton  $7,3 \times 10^{-8} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ .

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan mempelajari pembuatan membran komposit kitosan-CaO tersulfonasi dengan variasi penambahan CaO 0, 10, 15, 20, 25, dan 30% (b/b) dari kitosan komersil sebagai bahan utama serta glutaraldehid dan asam sulfat sebagai bahan *crosslinker*. Membran hasil pembuatan dikarakterisasi dengan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), uji mekanik dengan uji tarik, uji kinerja membran sebagai *fuel cell* dengan uji konduktivitas proton dengan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), uji kapasitas penukar ion (KPI) dengan titrasi asam-basa, uji *swelling*, dan uji permeabilitas metanol dengan alat *dead-end*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah komposit kitosan-kalsium oksida (CaO) tersulfonasi dapat dibuat PEMFC?
2. Bagaimana pengaruh penambahan CaO terhadap sifat mekanik membran komposit kitosan-CaO tersulfonasi ?
3. Bagaimana efektivitas membran komposit kitosan-CaO tersulfonasi sebagai PEMFC ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bahwa komposit kitosan-kalsium oksida (CaO) tersulfonasi dapat dibuat PEMFC.
2. Mengetahui pengaruh penambahan CaO terhadap sifat mekanik membran komposit kitosan-CaO tersulfonasi.
3. Mengetahui efektivitas membran komposit kitosan-CaO tersulfonasi sebagai PEMFC.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang kimia. Penelitian tentang pembuatan membran komposit kitosan-CaO tersulfonasi ini akan banyak membantu studi penggunaan polimer alam pengganti nafion sebagai membran PEMFC dan mengurangi ketergantungan terhadap produk luar negeri serta memanfaatkan potensi kekayaan alam negara Indonesia.