

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumber energi yang terdapat di alam dapat diperoleh dari bahan bakar fosil dan sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat menjadi solusi untuk mengatasi krisis energi di masa depan adalah sel bahan bakar (*fuel cell*). *Fuel cell* adalah sel elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Reaksi ini menghasilkan listrik, air, dan panas dari reaksi bahan bakar dan oksigen tanpa adanya pembakaran sehingga sangat mengurangi adanya polusi (Williams, 2011).

Keuntungan utama dari *fuel cell* adalah memiliki potensi efisiensi yang tinggi (50-70%) dan tidak menimbulkan emisi rumah kaca. Selain itu, *fuel cell* juga tidak menimbulkan getaran saat beroperasi (Williams, 2011). *Fuel cell* dapat digunakan dalam berbagai aplikasi menggunakan zat kimia, zat elektrolit, dan suhu operasi yang berbeda. Salah satu tipe yang menjanjikan untuk aplikasi skala kecil adalah *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC).

*Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) adalah salah satu energi alternatif ramah lingkungan yang sedang dikembangkan. PEMFC menjadi sumber energi alternatif untuk *stationary*, *automobile*, dan *portable power*. Dari semua jenis *fuel cell*, PEMFC adalah jenis *fuel cell* yang efektif karena operasionalnya yang mudah, yaitu menggunakan membran elektrolit sehingga terhindar dari proses korosi, *prototype* yang memiliki efisiensi lebih dari 64%, densitas energi yang tinggi jika dibandingkan dengan baterai, dapat bekerja dengan bahan bakar

yang ramah lingkungan sehingga tidak menghasilkan polusi, jangka waktu pemakaian lama karena panas yang ditimbulkan akibat proses reaksi kecil, serta tidak membutuhkan biaya mahal dalam pembuatannya. Jenis *fuel cell* ini juga memiliki kelemahan, yaitu tidak dapat bekerja pada suhu tinggi lebih dari 100°C (Raharjo *et al.*, 2007).

PEMFC terbuat dari nafion dan memiliki peran sebagai alat transportasi proton. Nafion dihasilkan dari kopolimerisasi perfluororinasi vinil eter sulfonat komonomer dengan tetrafluoroetilen (TFE) (Wee, 2006). Nafion memiliki beberapa kelebihan, antara lain: bersifat hidrofil dan hidrofob, kapasitas penukar ion yang tinggi (0,91 meq/g), konduktivitas proton yang tinggi (0,086 S/cm), permeabilitas metanol yang rendah ( $27,6 \times 10^{-8}$  kg/m<sup>2</sup>h) dan *swelling* yang rendah sebesar 33% (Smitha *et al.*, 2005). Selain itu, Nafion juga memiliki beberapa kelemahan, seperti: harga yang mahal dan harus impor dari negara lain, sulit terdegradasi, serta dapat rusak pada suhu di atas 100°C (Febrina, 2007). Berdasarkan kelebihan dan kelemahan tersebut, maka diperlukan pengganti nafion yang memiliki biaya produksi yang rendah, namun kapasitas penukar ion dan konduktivitas protonnya tinggi.

Polimer alam seperti kitosan cukup berpotensi dalam aplikasi membran sel bahan bakar (*fuel cell*). Kitosan mengandung gugus amino bebas yang memberikan karakteristik sebagai penukar ion dan memiliki gugus hidroksil yang dapat dimodifikasi. Kitosan merupakan salah satu bahan polimer organik yang dapat dimanfaatkan sebagai membran *fuel cell* karena konduktivitas yang dimiliki sebesar  $3,87 \times 10^{-7}$  S/cm (Sudaryanto *et al.*, 2012). Konduktivitas proton kitosan

tergolong rendah karena kitosan tidak memiliki sumber hidrogen dan tidak larut dalam air, sehingga kitosan perlu diikat silang untuk dapat meningkatkan konduktivitas protonnya.

Kitosan dapat dimodifikasi dengan menggunakan *crosslink agent* yang berupa material anorganik. Polimer *crosslink* merupakan suatu polimer dimana rantai polimer linier bergabung membentuk ikatan sehingga terjadi ikatan silang dengan atom atau *group* (Buono, 2013). *Crosslink* yang dilakukan pada kitosan digunakan untuk meningkatkan kinerja kitosan sebagai membran elektrolit. Pada penelitian ini digunakan kalsium oksida (CaO), glutaraldehid, dan *sodium triphosphate* (STPP) sebagai *crosslink agent* untuk meningkatkan sifat mekanik membran sehingga diperoleh membran yang optimal untuk diaplikasikan dalam PEMFC.

Pada *crosslinker* yang pertama, yaitu kalsium oksida (CaO) memiliki sifat higroskopis dan dapat menurunkan nilai permeabilitas metanol dari *poly-vinyl alcohol* (PVA). CaO dapat bertindak sebagai penghalang metanol sehingga penyerapan terhadap air lebih tinggi dibandingkan penyerapan metanol. Hasil dari penelitian Mat dan Liong (2009), partikel CaO menurunkan penyerapan metanol dari membran matriks kitosan-PVA/CaO.

Pada *crosslinker* glutaraldehid terdapat senyawa aldehida sebagai agen *crosslinking* yang dapat meningkatkan stabilitas termal membran dan menurunkan *swelling index* (Utami, 2012). *Sodium Triphosphate* (STPP) yang juga berperan sebagai *crosslinker* merupakan polianion yang dapat bereaksi dengan kation oleh gaya elektrostatis. Pada suasana asam, gugus  $-NH_2$  dari molekul

kitosan terprotonasi membentuk ion  $\text{NH}_3^+$  dan berinteraksi dengan anion STPP (Sudrajat, 2012).

Kitosan dapat diikat silang dengan cara sulfonasi dan fosforilasi. Pada penelitian Smitha *et al.* (2006), kitosan diikat silang dengan cara sulfonasi menggunakan *crosslinker* glutaraldehyd dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) menghasilkan konduktivitas proton sebesar 0,024 S/cm dan permeabilitas proton sebesar  $7,3 \times 10^{-8} \text{ kg/m}^2\text{s}$ .

Pada penelitian ini untuk meningkatkan konduktivitas protonnya, membran kitosan diikat silang dengan cara fosforilasi. Fosforilasi merupakan proses sambung silang antara polielektrolit dengan pasangan ion multivalennya (Sudrajat, 2012). Dalam penelitian ini, kitosan berperan sebagai polielektrolit dan *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) sebagai pasangan ion multivalen. Penelitian Febrina (2007) mengenai sintesis dan karakterisasi membran kitosan terfosforilasi yang diperoleh dari limbah kulit udang sebagai elektrolit untuk sel bahan bakar menunjukkan bahwa membran kitosan terfosforilasi dalam keadaan hidrat dengan kandungan fosfat tertentu menunjukkan konduktivitas proton yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan membran kitosan tanpa modifikasi, yaitu dari  $2,89 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$  menjadi  $3,23 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ .

Peningkatan temperatur dan waktu reaksi fosforilasi mengakibatkan naiknya kandungan fosfat pada membran, akan tetapi nilai derajat pengembangan dan konduktivitas proton berubah akibat terbentuknya ikatan silang pada membran (Febrina, 2007). Pada penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa kekuatan mekanik dan stabilitas termal membran kitosan terfosforilasi

tidak berubah secara signifikan terhadap membran kitosan yang tidak dimodifikasi. Kondisi reaksi fosforilasi yang optimum dicapai pada temperatur 80°C dengan waktu reaksi fosforilasi selama 30 menit (Febrina, 2007).

Pada penelitian Ying Wan (2003), membran kitosan terfosforilasi dibuat dari reaksi asam ortofosfat dan urea pada permukaan membran kitosan di N,N-dimetilformamida. Dengan kandungan fosfor yang tepat, kristalinitas membran kitosan terfosforilasi dapat menurun sebesar  $\pm 2,7\%$  dan *swelling* yang menurun sebesar  $\pm 3,1\%$ .

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi dengan variasi penambahan CaO 0, 10, 15, 20, 25, dan 30% (b/b) menggunakan kitosan komersil sebagai bahan utama serta glutaraldehid dan *sodium tripolyphosphate* (STPP) sebagai *crosslink agent*. Membran hasil pembuatan dikarakterisasi dengan *Fourier Transform-Infrared* (FT-IR), uji *Scanning Electron Microscope* (SEM), uji mekanik dengan uji tarik, uji kapasitas penukar ion dengan metode titrasi asam-basa, uji *swelling*, uji konduktivitas proton, dan uji permeabilitas metanol dengan alat *Dead-End*.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana cara membuat membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah penambahan CaO terhadap sifat mekanik membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi?
3. Bagaimana efektivitas membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara membuat membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi.
2. Mengetahui pengaruh variasi jumlah penambahan CaO terhadap sifat mekanik membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi.
3. Mengetahui efektivitas membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang kimia. Penelitian tentang pembuatan membran komposit kitosan-CaO terfosforilasi ini dapat membantu studi penggunaan bahan alam pengganti nafion sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)* dan mengurangi ketergantungan terhadap produk luar negeri, serta memanfaatkan potensi kekayaan alam Indonesia.