

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi ini, aktivitas manusia semakin meningkat. Tingginya mobilitas manusia membuat kebutuhan bahan bakar semakin tinggi. Terutama kebutuhan bahan bakar fosil untuk kehidupan sehari-hari dan industri. Akan tetapi, bahan bakar fosil seperti BBM mulai langka. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perlu adanya bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, murah dan aman. Sel bahan bakar atau *fuel cell* merupakan salah satu bahan bakar alternatif (Yohan *et al.*, 2005).

Fuel cell merupakan sel bahan bakar yang dapat menghasilkan arus listrik langsung melalui proses elektrokimia dengan mereaksikan H_2 dan O_2 (Williams, 2011). Hidrogen dan oksigen direaksikan dalam *fuel cell* untuk memproduksi air dan arus listrik. Bahan bakar dan pengoksidasi tidak bereaksi secara cepat di dalam suatu proses pembakaran, tetapi bereaksi secara bertahap pada elektroda-elektroda yang terpisah yaitu elektroda positif (katoda) dan elektroda negatif (anoda). Sebuah elektrolit memisahkan kedua elektroda tersebut (Moran, 2004). *Fuel cell* direkomendasikan sebagai konversi energi alternatif untuk bahan bakar alat transportasi dan sumber energi. Dalam beberapa dekade ini perkembangan dunia semakin meningkat dan penggunaan *fuel cell* juga semakin marak karena bersifat efisien dan aman (Kim *et al.*, 2011).

Fuel cell dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik elektrolit dan suhu operasinya, yaitu *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC), *Solid Oxide Fuel Cell*

(SOFC), *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC), dan *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) (Raharjo *et al.*, 2007).

Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC) adalah jenis *fuel cell* yang menggunakan fosfor cair sebagai elektrolitnya. Jenis *fuel cell* ini dapat beroperasi pada suhu 200⁰C (Hirata *et al.*, 2011). Namun, PAFC memiliki kelemahan yaitu menghasilkan panas yang bersuhu tinggi sehingga mempengaruhi sistem *fuel cell* secara keseluruhan (Farooque dan Hans, 2003). *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC) adalah jenis *fuel cell* yang bekerja berdasarkan perbedaan tekanan antara katoda dan anoda. Elektrolit yang digunakan adalah garam karbonat dan suhu operasinya sekitar 600⁰C. Pada suhu yang tinggi, kecepatan reaksi berlangsung cepat, sehingga tidak diperlukan katalis Pt, namun diperlukan bahan yang mempunyai ketahanan bagus dan tahan terhadap korosi (Milewski *et al.*, 2013). *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) menggunakan material oksida solid sebagai elektrolit (Farooque *et al.*, 2001). Pada tipe *fuel cell* ini menggunakan konduktivitas elektrik dan campuran mekanik seperti *stainless steel* pada zirconium untuk membuat sel bekerja baik dalam mereduksi material. Suhu operasinya 1000⁰C. Keunggulan jenis SOFC adalah waktu untuk mengaktifkannya cukup cepat dan bisa diterapkan dalam skala kecil maupun skala besar. Namun, SOFC memiliki kelemahan yaitu menggunakan elektroda platina yang harganya cukup mahal (Zhou *et al.*, 2014). *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) adalah jenis *fuel cell* yang menggunakan membran elektrolit sebagai alat transport proton dari anoda menuju katoda. Membran berasal dari polimer yang berfungsi sebagai

elektrolit. *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) terdiri dari beberapa komponen yaitu elektroda, membran, dan pelat bipolar (Sun *et al.*, 2014).

Jenis *fuel cell* yang paling efektif digunakan adalah PEMFC karena operasionalnya yang mudah yaitu menggunakan membran elektrolit sehingga terhindar dari proses korosi, efisiensi pada konversi tinggi mencapai 50 %, bebas polusi, pengoperasiannya relatif cepat, dan dapat dioperasikan pada temperatur rendah (Peng *et al.*, 2014). *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) memiliki jangka waktu pemakaian lama karena pada proses reaksi menimbulkan panas yang kecil dan tidak membutuhkan biaya mahal dalam pembuatannya. Akan tetapi, terdapat kelemahan pada jenis ini yaitu tidak dapat bekerja pada suhu tinggi lebih dari 100°C (Raharjo *et al.*, 2007).

Proton Exchange Membrane (PEM) yang biasanya digunakan adalah membran nafion yang terbuat dari bahan polimer sintetik yaitu *perfluoroalkyl sulfonated ionomer membrane* (Thomas, 2008). Nafion memiliki konduktivitas proton yang tinggi yaitu $4,7 \times 10^{-2}$ S/cm di bawah 100°C, stabilitas termal tinggi (280°C), dan prosentase penyerapan air yang rendah sebesar 38%. Akan tetapi terdapat kelemahan pada tingginya permeabilitas metanol yaitu sebesar $27,6 \times 10^{-8}$ cm²/s (Smitha *et al.*, 2005). Meskipun nafion merupakan membran yang dominan digunakan pada PEM untuk bahan bakar hidrogen, permeabilitas metanol yang tinggi dapat mengganggu efisiensi *fuel cell*. Selain itu harga nafion sangat mahal dan harus impor dari luar negeri. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah mengganti membran nafion dengan membran lain yang harganya terjangkau serta hampir sama kinerjanya dengan nafion (Smitha *et al.*, 2005).

Oleh sebab itu muncul penelitian alternatif pengganti membran nafion. Salah satu alternatif tersebut adalah membuat membran dari polimer alam seperti sodium alginat dan kitosan.

Polimer alam yang digunakan sebagai membran penukar proton pada *fuel cell* tersedia banyak di Indonesia. Indonesia merupakan negara maritim yang sebagian besar wilayahnya adalah air atau lautan. Potensi hewan dan tumbuhan laut sangat besar. Salah satunya adalah rumput laut. Rumput laut terdiri dari rumput laut hijau, rumput laut coklat, dan rumput laut merah. Rumput laut memiliki banyak manfaat baik sebagai bahan pembuat agar-agar, karaginan maupun alginat. Ketersediaan rumput laut di alam sebagai penghasil alginat, baik pada musim kemarau maupun musim hujan selalu ada sepanjang tahun. Oleh karena itu potensi pemanfaatan rumput laut tersebut untuk menghasilkan alginat dan produk turunannya masih terbuka luas. Di perairan Indonesia, penyebaran rumput laut penghasil alginat yang paling banyak adalah spesies dari marga *Sargassum* dan disusul dari marga *Turbinaria* (Yunizal, 2004). Meskipun potensi produksi rumput laut ini cukup melimpah, sampai saat ini pemanfaatannya masih sangat kurang, bahkan di beberapa daerah tidak dimanfaatkan sama sekali (Husni *et al.*, 2012).

Alginat merupakan suatu polisakarida hasil ekstraksi rumput laut coklat *Sargassum sp.* dan *Turbinaria sp.* yang banyak ditemukan di perairan Indonesia. Alginat adalah polimer organik yang terdiri atas monomer β -D-asam manuronat (M) dan α -L-asam guluronat (G) atau berupa kombinasi kedua monomer (GG, MG, dan MM) (Kawai *et al.*, 2014). Pada penelitian Smitha *et al.* (2005), sodium

alginat digunakan sebagai bahan dasar pembuat membran pada *fuel cell*. Sodium alginat larut dalam air dan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi yaitu kekuatan tariknya sebesar 21,18 Mpa, memiliki ketebalan 140 μm dan swelling metanol sebesar 0,31 %.

Selain sodium alginat, kitosan merupakan polimer alam yang sering digunakan sebagai membran penukar proton pada *fuel cell*. Kitosan berasal dari kitin yang mengalami deasetilasi. Kitosan hasil deasetilasi kitin memiliki daya serap yang tinggi terhadap air. Penambahan alginat dapat memperbaiki struktur ikat silang kitosan dalam membran sehingga menjadi lebih kaku dan membran menjadi lebih kuat dan stabil (Smitha *et al.*, 2005). Komposit kitosan – sodium alginat menghasilkan kompleks poli-ion melalui ikat silang ionik yang akan meningkatkan sifat-sifat tertentu seperti kekuatan struktural dan stabilitas termal membran, serta memiliki nilai konduktivitas proton sebesar 0.042 S/cm pada 30-32°C walaupun kecenderungan *swelling* berkurang (Smitha *et al.*, 2005).

Akan tetapi kitosan memiliki kelemahan yaitu konduktivitas protonnya $8,3 \times 10^{-5}$ S /cm (Wan *et al.*, 2003), *swelling* air tinggi hingga 55,2 % serta stabilitas termal yang buruk. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan cara dikontrol melalui modifikasi kitosan menggunakan *cross link agent* (Xiang *et al.*, 2009). *Cross link* ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja kitosan sebagai membran. Kitosan dapat diikatsilangkan dengan cara fosforilasi dan sulfonasi. Sulfonasi dengan *polysulfone* dapat meningkatkan kapasitas penukar ion pada membran kitosan hingga mencapai 0,97 meq/g (Smitha *et al.*, 2008). Pada penelitian ini menggunakan cara fosforilasi. Fosforilasi pada membran kitosan

diawali dengan terjadinya reaksi antara asam ortofosfor dan urea pada permukaan membran kitosan dalam N,N-dimetilformamide (Wan *et al.*, 2003). Keutamaan fosforilasi pada penelitian Wan *et al.* (2003) dengan kondisi optimal dapat menurunkan *swelling* air hingga 49%, dan meningkatkan konduktivitas proton hingga $1,2 \times 10^{-3}$ S/cm, selain itu senyawa yang digunakan tidak bersifat toksik (Wan *et al.*, 2003) serta dengan *crosslink* sodium tripolifosfat (STPP) stabilitas termal meningkat hingga 271⁰C (Moura *et al.*, 2008). Fosforilasi ini menggunakan sodium tripolifosfat. Sodium Tripolifosfat (STPP) merupakan polianion yang tidak beracun dan mudah membentuk gel. Kitosan merupakan polimer kationik yang dapat bereaksi dengan anion multivalen sodium tripolifosfat (STPP). Secara spontan kitosan akan membentuk gel dengan sodium tripolifosfat (STPP) (Moura *et al.*, 2008).

Oleh karena itu dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan membran *fuel cell* yang memiliki kinerja setara dengan nafion dengan memanfaatkan sodium alginat yang berasal dari ekstraksi rumput laut coklat (*Sargassum sp.*) dan kitosan terfosforilasi. Perbandingan konsentrasi kitosan - sodium alginat antara lain 8:0, 8:1, 8:2, dan 8:4 (v/v) (Smitha *et al.*, 2005). Dari berbagai perbandingan konsentrasi tersebut telah diteliti perbandingan yang menghasilkan membran dengan kinerja terbaik. Membran komposit dikarakterisasi dengan *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pada kinerja membran diukur permeabilitas metanol, konduktivitas proton, *swelling* air, dan kapasitas penukar ion.

1.2 Rumusan Masalah

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

1.3 Tujuan Penelitian

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

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kimia yaitu dapat membuat terobosan baru pengganti membran pada *fuel cell*. Membran nafion yang dikenal mahal dan terdapat di luar negeri dapat digantikan dengan membran yang terbuat dari bahan yang murah dan melimpah di Indonesia.