

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumput laut coklat merupakan salah satu sumber daya hayati yang banyak tumbuh di pantai Indonesia. Salah satu jenis rumput laut coklat adalah *Sargassum* sp. (Rasyid, 2009). *Sargassum* sp. belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal tanaman ini mengandung senyawa alginat (Warsidi, 2009) yang sebagian besar terdiri dari unit β -D mannuron acid dan α -L glucuronic acid (Viswanathan *et al.*, 2014). Salah satu jenis senyawa alginat adalah sodium alginat yang dapat digunakan untuk bahan pembuatan membran yang dibutuhkan sebagai alat transportasi proton pada *fuel cell* (Smitha *et al.*, 2005).

Fuel cell adalah perangkat elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik tanpa membutuhkan pemanasan. *Fuel cell* merupakan salah satu sumber energi listrik yang ramah lingkungan, alat ini bekerja dengan cara mereaksikan H₂ yang berasal dari bahan bakar metanol dengan O₂ yang berasal dari udara untuk menghasilkan energi listrik dengan hasil samping berupa H₂O (Yohan *et al.*, 2005). Struktur fisik dasar *fuel cell* terdiri dari lapisan elektrolit yang salah satu sisinya merupakan daerah kontak anoda berpori dan sisi lainnya merupakan daerah kontak katoda berpori (Prihatiningsih *et al.*, 2008). Berdasarkan karakteristik elektrolit, *fuel cell* dibagi menjadi enam kelompok, yaitu *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC), *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC), *Alkaline Fuel Cell*

(AFC), *Direct Carbon Fuel Cell* (DCFC), *Polymer Electrolyte Fuel Cell* (PEFC) dan *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC) (Williams, 2011).

MCFC digunakan pada teknologi pembangkit listrik dengan skala besar, tetapi membutuhkan biaya yang mahal dan memiliki elektroda yang mudah terkorosi. SOFC memiliki efisiensi konversi mencapai 65%, memiliki kemampuan untuk menggunakan banyak alternatif bahan bakar, dan tahan terhadap korosi, tetapi dapat mengalami *ohmic loss* pada elektrolit dan *polarization loss* pada anoda dan katoda saat suhu operasinya turun (Shiqiang *et al.*, 2007). AFC digunakan sebagai penghasil listrik pada kendaraan luar angkasa *Apollo* dan aplikasi stasioner *terrestrial*, tetapi AFC menghasilkan gas CO yang dapat menyebabkan keracunan. DCFC merupakan pengembangan dari MFCF, SOFC dan AFC, kinerjanya bergantung pada keteraturan atom karbon, semakin teratur atom karbon maka elektron yang dihasilkan semakin banyak, tetapi reaksi elektrokimia pada DCFC dapat terhambat jika terjadi oksidasi pada anoda (Williams, 2011). PAFC banyak digunakan pada industri sebagai sistem pembangkit listrik, tetapi elektrodanya mudah terkorosi. PEFC adalah *fuel cell* yang menggunakan membran elektrolit sebagai alat transportasi proton, sehingga disebut juga sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) yang dapat dioperasikan pada suhu di bawah 100°C, umumnya pada suhu 60°C – 80°C (Raharjo *et al.*, 2007).

PEMFC adalah jenis *fuel cell* yang paling efektif, karena operasionalnya mudah, yaitu dengan menggunakan *Proton Exchange Membrane* (PEM), sehingga dapat terhindar dari proses korosi. Selain itu, efisiensi konversi energinya mencapai 50%, jangka waktu pemakaiannya lama karena panas yang ditimbulkan akibat

proses reaksinya rendah dan biaya pembuatannya tidak mahal (Raharjo *et al.*, 2007).

Salah satu jenis PEM untuk *fuel cell* yang terkenal adalah Nafion yang terbuat dari bahan polimer sintetik yaitu *perfluoroalkyl sulfonated ionomer membrane*. Nafion memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menghantarkan ion H^+ dari anoda ke katoda dan mencegah elektron untuk mencapai katoda. Nafion lebih dipilih sebagai PEM karena memiliki konduktivitas proton yang tinggi, yaitu 0,086 S/cm (Smitha *et al.*, 2005), sehingga dapat menjaga agar *power density* pada sel tetap tinggi dan dapat meningkatkan reaktivitas bahan bakar. Tetapi Nafion juga masih memiliki kelemahan, yaitu dapat rusak pada suhu di atas 100°C, tidak dapat terdegradasi dan harganya sangat mahal (Yohan *et al.*, 2005). Oleh karena itu, untuk membuat PEM maka dibutuhkan bahan lain yang lebih ekonomis, ramah lingkungan dan ketersediaannya banyak seperti *biopolymer*.

Salah satu *biopolymer* yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan PEM adalah sodium alginat, karena memiliki kekuatan lekat yang baik dan memiliki gugus fungsi yang reaktif. Tetapi membran alginat masih memiliki beberapa kelemahan, yaitu bersifat hidrofilik sehingga larut dalam air (Albet, 2012), bersifat rapuh, memiliki *swelling* air yang tinggi, yaitu 158% (Agostini *et al.*, 2013) dan memiliki *Ion Exchange Capacity* (IEC) yang lebih rendah daripada Nafion 117, yaitu 0,86 meq/g, sedangkan Nafion 117 adalah 0,91 meq/g. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan pembuatan komposit polimer yang memiliki banyak keunggulan daripada *homopolymer* (Smitha *et al.*, 2005). Dalam pembentukan komposit, salah satunya adalah terjadi *cross link ionic* yang dapat mengurangi

kecenderungan *swelling* air dan juga meningkatkan sifat spesifik seperti kekuatan struktur, stabilitas termal dan mekanik. Oleh karena itu, untuk membuat PEM, maka sodium alginat perlu dikompositkan dengan kitosan (Smitha *et al.*, 2005).

Kitosan merupakan hasil deasetilasi dari kitin yang diambil dari kulit hewan *crustaceae* seperti udang, cumi-cumi, rajungan, dan sebagainya. Kitosan memiliki dua gugus fungsi reaktif, yaitu amino dan hidroksil, sehingga sangat populer digunakan sebagai bahan pembuatan PEM (Smitha *et al.*, 2005). Kitosan dapat dibuat sebagai PEM dengan konduktivitas proton sebesar $3,16 \times 10^{-7}$ S/cm (Sudaryanto *et al.*, 2012), dengan IEC yang lebih tinggi daripada Nafion 117 dengan selisih sebesar 0,03 meq/g (Smitha *et al.*, 2005) dan dengan *swelling* air yang lebih rendah daripada sodium alginat, yaitu 72% (Agostini *et al.*, 2013). Tetapi membran kitosan juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain sifatnya sangat hidrofilik dan akan mudah kehilangan kestabilan dalam larutan yang mengandung air atau bersifat asam (Hassan dan Nawawi, 2008). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi kelemahan tersebut antara lain dengan melakukan *cross link* menggunakan senyawa lain untuk mengurangi kelarutan membran dalam air (Smitha *et al.*, 2005).

Alginat yang merupakan polianionik dan kitosan polikationik bila dilarutkan pada kondisi yang tepat dapat berinteraksi satu sama lain melalui gugus karboksil dari alginat dan gugus amino dari kitosan (Cruz, M.C.P. *et al.*, 2004). Dalam pembentukan membran komposit kitosan-alginat terjadi interaksi fisik, bukan terjadi reaksi kimia yang menghasilkan gugus fungsi baru (Kaban *et al.*, 2006). Dengan terjadinya interaksi fisik tersebut, maka diharapkan dapat terbentuk

kompleks polielektrolit kitosan-alginat (Knill, C.J. *et al.*, 2003). Kompleks polielektrolit kitosan-alginat dapat dibuat menjadi membran yang cukup stabil, tidak mudah sobek dan permukaannya berbentuk seperti jalinan serat yang homogen. Selain itu, membran komposit kitosan-alginat cukup elastis sehingga tidak mudah putus (Kaban *et al.*, 2006).

PEM yang berasal dari komposit kitosan-sodium alginat memiliki beberapa kelebihan, antara lain memiliki IEC yang lebih tinggi daripada Nafion 117, yaitu 1,4 meq/g sedangkan Nafion 117 adalah 0,91 meq/g dan memiliki *swelling* air yang lebih rendah daripada Nafion 117, yaitu 32%, sedangkan Nafion 117 adalah 38%, memiliki permeabilitas metanol yang lebih rendah daripada Nafion 117, yaitu $4,6 \times 10^{-8}$ g/cm²s, sedangkan Nafion 117 adalah $27,6 \times 10^{-8}$ g/cm²s. Tetapi membran komposit kitosan-sodium alginat masih memiliki kelemahan, yaitu memiliki konduktivitas proton yang lebih rendah daripada Nafion 117, konduktivitas proton membran komposit kitosan-sodium alginat adalah 0,042 S/cm, sedangkan Nafion 117 adalah 0,086 S/cm (Smitha *et al.*, 2005). Hal ini bisa diatasi dengan melakukan *cross link* dengan cara sulfonasi, fosforilasi, atau karboksilasi. Cara sulfonasi merupakan cara yang lebih efektif karena gugus sulfonat memiliki konduktivitas proton yang lebih besar daripada gugus fosforilat dan karboksilat. Hal ini dibuktikan pada penelitian Wan *et al.* (2003), bahwa konduktivitas proton kitosan terfosforilasi pada keadaan optimal sebesar 0,0012 S/cm, sedangkan pada penelitian Smitha *et al.* (2008) konduktivitas proton kitosan tersulfonasi sebesar 0,034 S/cm.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan PEM yang diharapkan memiliki kinerja yang setara dengan Nafion. Pembuatan PEM pada penelitian ini

menggunakan bahan *biopolymer* sodium alginat yang diekstraksi dari rumput laut coklat (*Sargassum sp.*) dikompositkan dengan kitosan. Kemudian dilakukan *cross link* dengan cara sulfonasi menggunakan H_2SO_4 . Dalam penelitian ini dilakukan empat variasi perbandingan komposisi kitosan dan sodium alginat, yaitu 8 : 0, 8 : 1, 8 : 2 dan 8 : 4 (b/b). Membran yang telah dibuat akan diuji sifat mekaniknya dengan uji tarik menggunakan *Autograph*, uji *swelling* air dengan cara merendam membran dalam akuades dan uji IEC dengan metode titrasi asam basa. Karakterisasi membran dilakukan dengan uji morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan uji spektroskopi menggunakan *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR). Dan uji kinerja membran sebagai *fuel cell* dilakukan dengan uji konduktivitas proton menggunakan LCR meter, uji permeabilitas metanol menggunakan alat *dead-end*, dan uji stabilitas termal menggunakan *Defferensial Thermal Analyzer* (DTA).

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah PEM dapat dibuat dari komposit kitosan-sodium alginat tersulfonasi?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi jumlah penambahan sodium alginat terhadap sifat mekanik dan sifat fisik PEM?
3. Bagaimanakah efektivitas PEM yang terbuat dari komposit kitosan-sodium alginat tersulfonasi sebagai PEMFC?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui apakah PEM dapat dibuat dari komposit kitosan-sodium alginat tersulfonasi
2. Mengetahui pengaruh variasi jumlah penambahan sodium alginat terhadap sifat mekanik dan sifat fisik PEM
3. Mengetahui efektivitas PEM yang terbuat dari komposit kitosan-sodium alginat tersulfonasi sebagai PEMFC

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang kimia. Penelitian tentang pembuatan membran komposit kitosan-sodium alginat tersulfonasi dapat membantu pembelajaran tentang penggunaan polimer alam sebagai bahan untuk membuat membran *fuel cell* yang menggantikan membran Nafion. Selain itu juga dapat mengurangi ketergantungan pada produk luar negeri dengan cara memanfaatkan kekayaan alam yang ada di Indonesia.