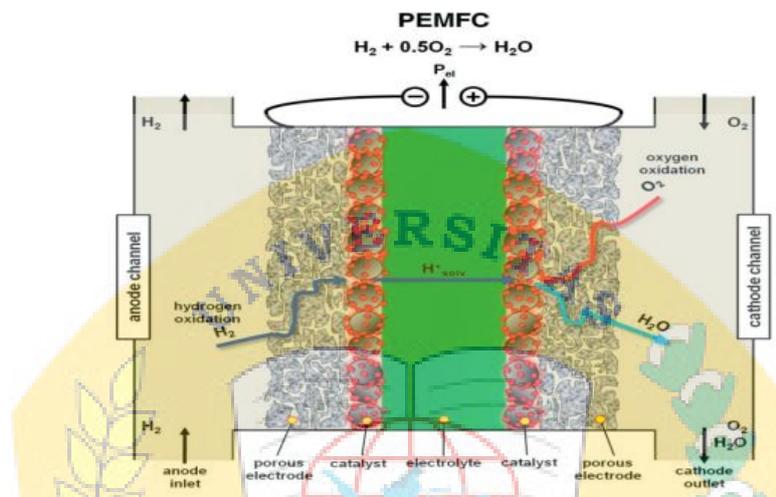


## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)

Sel bahan bakar membran pertukaran proton (PEMFC) adalah energi perangkat konversi yang menghasilkan tenaga listrik melalui reaksi kimia hidrogen dan oksigen.



Gambar 2.1 Sel bahan bakar dengan umpan hidrogen (Choi et al. 2012)

Pada sel bahan bakar membran pertukaran proton ini yang digunakan sebagai umpan adalah gas hidrogen, dimana pada bagian anoda gas ini akan mengalami oksidasi menjadi proton dan elektron. Proton bergerak dari anoda menuju ke katoda melalui membran (Fimrite et al. 2005)

Membran polimer elektrolit (PEM) merupakan komponen utama dalam fuel cell yang berfungsi untuk memisahkan reaktan dan juga berfungsi sebagai sarana migrasi ion hidrogen yang dihasilkan oleh reaksi anoda menuju katoda sehingga reaksi katoda menghasilkan energi listrik (Bose et al. 2011). Sampai sekarang, membran nafion merupakan membran PEMFC yang paling banyak digunakan, namun masih memiliki beberapa kelemahan seperti harganya yang mahal, suhu operasi yang terbatas, dan permeabilitas yang tinggi (Yang et al. 2009). Strategi untuk memperbaiki performa dan mereduksi biaya PEM, salah satunya memodifikasi nafion dan mencari alternatif polimer lainnya (Zhang and Shen 2012).

Saat ini membran polistiren tersulfonasi (sPS) telah banyak dikembangkan dan digunakan sebagai membran polimer elektrolit sebagai alternatif pengganti nafion.

## 2.2 Sulfonasi

Reaksi sulfonasi merupakan reaksi dengan tipe substitusi elektrofilik, dimana bila atom yang lebih elektronegatif seperti oksigen dan kerapatan elektron tertarik pada atom sulfur yang kemudian akan menjadi suatu pusat elektrofilik. Reaksi sulfonasi berlangsung sangat mudah dengan adanya gugus seperti -Cl, -NH<sub>2</sub>, -OH, -SH, serta diketahui dapat meningkatkan kerapatan elektron pada cincin aromatik. Keberadaan substituen lain pada cincin aromatik dapat menyebabkan lebih menyukai pemasukan gugus -SO<sub>3</sub>H, tergantung pada substituen pengarahnya.

Kondisi reaksi sulfonasi biasanya bergantung pada faktor:

1. Tingkat sulfonasi (jumlah dari -SO<sub>3</sub>H yang dapat masuk pada cincin aromatik)
2. Tipe bentuk isomer
3. Jumlah dari asam sulfonat (mereduksi desulfonasi).

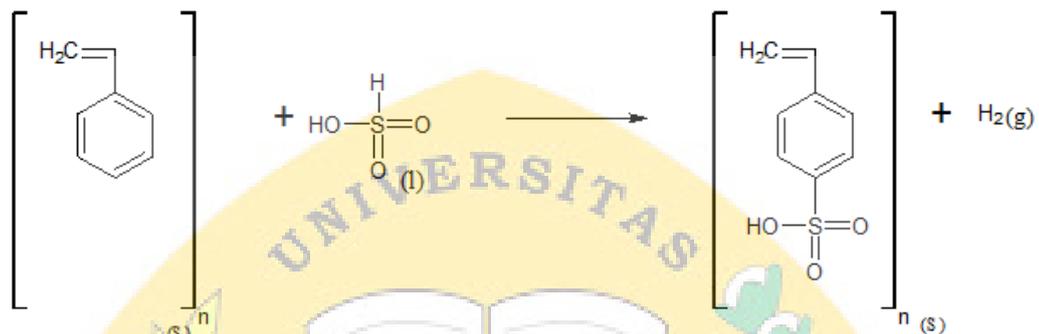
Reaksi sulfonasi dari literatur biasanya dilakukan pada rentang temperatur 20°C hingga 300°C. Sulfonasi dapat memberikan hasil dengan naiknya temperature pada beberapa agen sulfonasi tertentu.

Metode konvensional untuk preparasi dari senyawa aromatic dengan massa molekul yang rendah dilakukan secara sulfonasi homogen dalam suatu larutan dengan menggunakan asam sulfat pekat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai agen sulfonasi. Metode lain yang sangat potensial adalah sulfonasi heterogen yang dapat digunakan untuk polimer dengan massa molekul yang lebih besar, pada metode ini senyawa kimia asal dan keberadaan agen sulfonasi berada dalam fasa yang berbeda.

Beberapa reaksi seperti oksidasi dan dehidrasi, sulfonasi dilakukan dengan mereaksikan asam sulfat pekat dengan senyawa alifatik. Asam sulfat juga merupakan agen sulfonasi yang baik untuk sulfonasi senyawa aromatik. Suatu senyawa cincin aromatik dapat di sulfonasi dengan kation sulfonik.

Sulfonasi homogen pada senyawa organik molekul kecil menggunakan SO<sub>3</sub>, oksidasi pada senyawa alifatik berjalan secara parallel dengan sulfonasi dan

pembentukan senyawa tidak jenuh menghasilkan produk samping dapat berupa alkohol, keton, asam karboksilat. Penambahan penstabil asam asetat untuk mereduksi pembentukan gugus sulfon pada reaksi ini. Konsentrasi  $\text{SO}_3$  berkurang setelah adisi asam asetat dimana asetil sulfat dan asam sulfat berada dalam kesetimbangan. Reaksi sulfonasi  $\text{SO}_3$  dengan molekul aromatis kecil terjadi dengan cepat pada keadaan awal dan kompleks  $\text{SO}_3$  dengan produk tersulfonasi terbentuk pada akhir reaksi. Hasil sulfonasi sangat tergantung pada temperatur reaksi.



Gambar 2.2 Reaksi Sulfonasi Polistirena

Sulfonasi metode heterogen lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode homogen, karena tidak perlu memisahkan pelarut lagi. Sulfonasi heterogen dapat digunakan secara komersial di industri karena dapat membuat ionomer tersulfonasi dengan murah dengan bahan baku limbah polimer sebagai contohnya ialah polistirena.

Secara umum sulfonasi polimer dapat dilakukan dengan reaksi heterogen atau reaksi homogen dalam pelarut terklorinasi. Komponen sulfonasi seperti:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan asetil sulfat yang telah digunakan untuk sulfonasi polimer khususnya polistiren (Gustian et al.).

### 2.3 HIPS (*High Impact Polystyrene*)

HIPS merupakan salah satu jenis polimer termoplastik. Polimer ini merupakan turunan dari polimer polistirena, yaitu dibuat dengan ditambahkan polimer polibutadiena pada saat proses polimerisasi. Kelebihan HIPS dibandingkan dengan polistirena adalah sifatnya yang lebih lentur, mudah diproses serta murah. Tetapi, kekurangan polimer ini adalah sifat elektriknya dan sifat transparasinya kurang dibanding polistirena, serta lebih banyak menyerap

uap air. HIPS banyak digunakan dalam aplikasi rumah tangga sebagai media pengemas, seperti pada pengemasan alat elektronik, komputer, kalkulator, mainan anak-anak dan yang lainnya. Pada penelitian ini digunakan polistirena jenis ini untuk dapat mengetahui keefektifannya dalam proses sulfonasi untuk PEMFC.

#### 2.4 Sulfonasi Polistirena (SPS)

Sulfonasi Polistiren telah banyak dikembangkan sebagai membran polimer elektrolit yang dapat digunakan sebagai membran *fuel cell* karena memiliki nilai konduktivitas yang tinggi. Membran polistirena tersulfonasi mengandung gugus sulfonat untuk penghantaran proton. Untuk menghasilkan nilai konduktivitas proton yang cukup, maka membran SPS harus memiliki tingkat sulfonasi yang tinggi (Mulijani et al. 2014). Fungsionalisasi polistiren untuk dijadikan membran didapat dengan cara sulfonasi. Pada penelitian sebelumnya (Hendrana et al. 2013) melakukan sulfonasi polystyrene secara heterogen dengan konsentrasi polistiren yang beragam dengan larutan polistiren yang sangat encer mewakili keadaan dimana larutan memiliki molekul tunggal dari polistiren, sedangkan konsentrasi tinggi mewakili kehadiran entanglement dari molekul SPS. Diharapkan derajat sulfonasi yang tinggi pada larutan polistiren yang sangat encer (Hendrana et al. 2013). (Shin et al. 2005) membuat membran yang dipreparasi dengan mengatur rasio dari stirena/divinil benzena (DVB) dalam campuran reaksi yang diimpregnasi dalam membran porous poli tetrafluoro etilena (PTFE), substrat yang terendam lalu secara termal dipolimerisasi dan di sulfonasi dengan asam klorosulfonat. Menghasilkan peningkatan permeabilitas dari komposit membran seiring bertambahnya konten DVB dan pada penurunan rasio stirena/DVB permeabilitas metanol berkurang dari  $6.6 \times 10^{-7}$  to  $1.3 \times 10^{-7}$  cm<sup>2</sup>/s dan konduktivitas ion berkurang dari 0.110 (pada 25°C) ke 0.082 S/cm (pada 25°C).

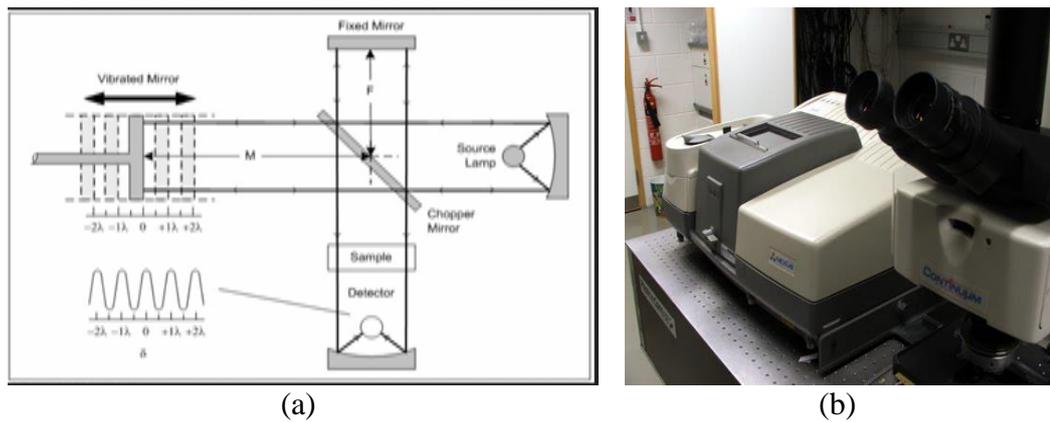
#### 2.5. Teknik Karakterisasi Spektroskopi FT-IR

Spektrometer ini merupakan radiasi pemancaran cahaya inframerah. Cahaya ini akan terpecah kedalam dua cahaya dalam intensitas yang sama, dan salah satu cahaya akan melewati sampel yang akan diuji. Apabila frekuensi getaran molekul sampel yang jatuh tak lebih dari range (jarak) instrumen, maka

molekul tersebut dapat menyerap frekuensi energi dari cahaya tersebut. Oleh karena itu, spektrum dibaca dengan membandingkan intensitas dua cahaya setelah salah satunya melewati sampel uji. Jarak panjang gelombang akhir merupakan perbandingan yang dibuat karena pancaran tersebut terdapat prisma atau kisi. Keseluruhan operasi tersebut dilakukan secara otomatis hingga menampilkan spektrum berupa puncak-puncak yang menurun dan menandakan adanya absorpsi yang diplot terhadap panjang gelombang atau frekuensi.

Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000  $\text{cm}^{-1}$  hingga 10<sup>-1</sup>. Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat (14000-4000  $\text{cm}^{-1}$ ) yang peka terhadap vibrasi *overtone*, IR sedang (4000-400  $\text{cm}^{-1}$ ) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh (400-10  $\text{cm}^{-1}$ ) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus (Schechter, 1997; Griffiths dan Chalmers, 1999). Biasanya analisis senyawa dilakukan pada daerah IR sedang (Geng et al. 2008).

Diagram instrumen FTIR di ilustrasikan seperti pada Gambar 2.5. Spektra infra red dihasilkan melalui pengumpulan interferogram dari sinyal sampel dengan interferometer yang terdiri dari pemecah sinar (*beam splitter*), *fixed mirror* dan *moving mirror*. ketika cahaya mengenai *beam splitter*, *beam splitter* akan mentransmisikan dan merefleksikan rasi ke kaca tetapan kaca bergerak dalam jumlah yang sama (50%:50%). setelah mengenai kedua kaca tersebut sinar di refleksikan kembali ke *beam splitter* dan selanjutnya bergabung menjadi sinyal baru yang kemudian di lewati ke sampel. Sampel akan mengabsorpsi panjang gelombang cahaya yang tergabung. selanjutnya detektor merekam energi total pada setiap panjang gelombang atau frekuensi yang telah di absorpsi oleh sampel untuk menghasilkan spektra FTIR berikut skema alat spektroskopi inframerah menurut Anam dkk (2007) :



Gambar 2.3 (a) Diagram instrumen FT-IR dan (b) instrumen FT-IR

Spektroskopi FT-IR banyak digunakan sebagai metode penentuan komposisi kimia yang ada pada sampel membran serta mendeteksi berbagai macam senyawa yang terlokalisasi pada permukaan sampel. Selain itu, spektroskopi IR juga dapat digunakan untuk menentukan kristalinitas dari membran polimer.

## 2.6 Sel Bahan Bakar (Fuel Cell)

Sel bahan bakar (*fuel cell*) adalah perangkat elektrokimia yang mengubah energi kimia dari bahan bakar dan oksidan langsung menjadi energi listrik. Tidak seperti baterai, sel bahan bakar kadang-kadang tidak memerlukan pengisian ulang energi. Sel bahan bakar akan menghasilkan listrik dan panas sepanjang bahan bakar dan pengoksidasi ditambahkan.

Keunggulan fuel cell dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis lain karena beberapa hal, antara lain :

- Dapat menggunakan bahan bakar dari selain bahan bakar fosil / bahan bakar variatif (gas metan, etanol dan lain-lain)
- Konversi energi yang lebih sempurna (efisiensi tinggi, panas buangan dapat digunakan kembali)
- Ramah lingkungan (Emisi rendah, tidak berisik, hasil buangan tidak berbahaya, contoh air)
- Dapat ditempatkan dimana saja sesuai kebutuhan
- Ukuran yang fleksibel dan cukup tahan lama dengan tingkat kehandalan tinggi (selama bahan bakar diberikan)

- Digunakan untuk banyak aplikasi (pelaratan elektronika, kendaraan, antariksa, pembangkit listrik besar). (Farooque and Maru 2001)

Sementara ini kekurangannya belum ada harga standar dipasaran, belum banyak industri yang menggunakannya dan infrastruktur yang belum maksimal mendukung (Farooque and Maru 2001)

