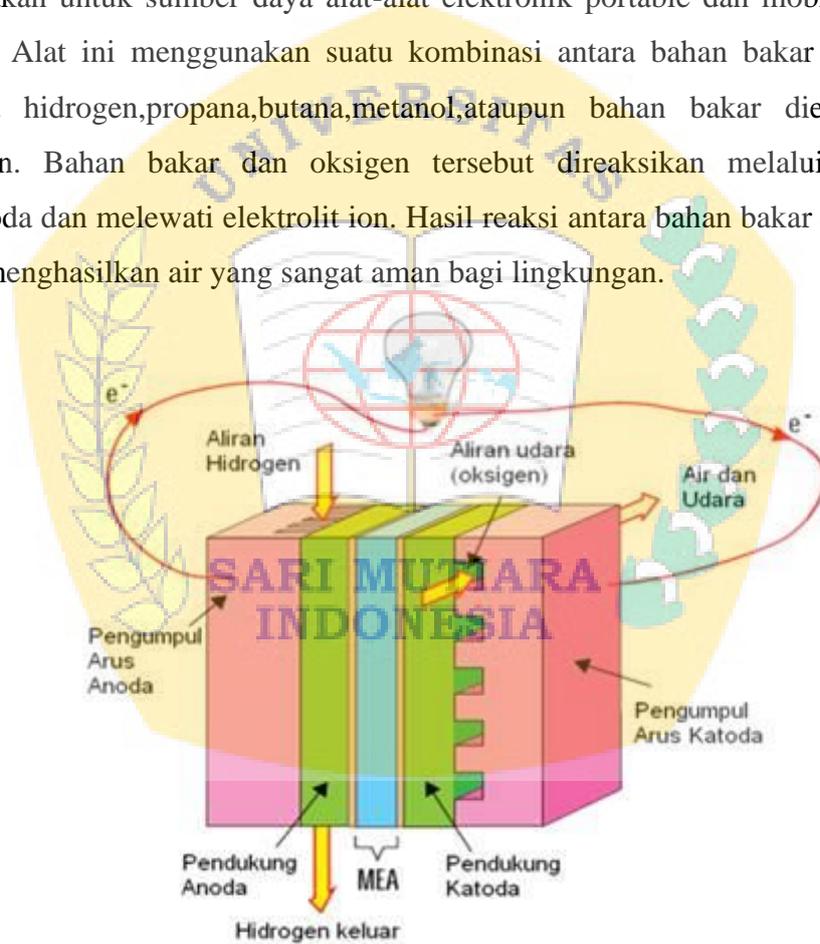


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fuel Cell

Fuel Cell merupakan suatu alat elektrokimia yang secara langsung mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam fuel cell menjadi energi listrik. Fuel cell biasanya diklasifikasikan berdasarkan jenis elektrolit yang digunakan. Salah satu jenisnya adalah Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). Kelebihan dari PEMFC adalah suhu operasi yang rendah, sehingga banyak digunakan untuk sumber daya alat-alat elektronik portable dan mobil (Hoogers, 2002). Alat ini menggunakan suatu kombinasi antara bahan bakar yang dapat berupa hidrogen,propana,butana,metanol,ataupun bahan bakar diesel dengan oksigen. Bahan bakar dan oksigen tersebut direaksikan melalui elektroda-elektroda dan melewati elektrolit ion. Hasil reaksi antara bahan bakar dan oksigen akan menghasilkan air yang sangat aman bagi lingkungan.



Gambar 2.1 Susunan Sel PEM Fuel Cell

Penggunaan hidrogen yang terdapat pada *fuel cell* dapat didesain menjadi suatu potable yang dapat dipindah-pindahkan serta mempunyai massa yang ringan. Rangkaian *fuel cell* tidak mempunyai bagian yang bergerak ataupun bergetar sehingga tidak menimbulkan polusi. Dibandingkan dengan sumber energi

alternatif lainnya, *fuel cell* mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya ialah (Chris & Scott, 2003a):

- Tidak mengeluarkan emisi suara (tidak berisik)
- Efisiensi energy cukup tinggi
- Bebas emisi polutan sehingga tidak mencemari lingkungan
- Dapat digunakan dalam berbagai jenis aplikasi penggunaan

2.1.1 Jenis Jenis Fuel Cell

Secara Umum Fuel Cell dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Klafisikasi Fuel Cell

Jenis	Elektrolit	Katalis	Temperatur Operasi	Karakteristik
Alkaline Fuel Cell (AFC)	KOH	Platinum	60-120	Efisiensi energi tinggi
Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)	Phosphoric Acid (H ⁺)	Platinum	160-200	Efisiensi energi terbatas, pela terhadap CO ₂ (<1,5% Vol)
Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)	Molten Carbonate (CO ₂ ⁻)	Electrode Material	500-600	Rentan korosi temperatur tinggi
Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)	Lapisan Keramik (CO ⁻)	Elektrode Material	800-1000	Efisiensi sistem tinggi, temperatur operasi perlu direduksi
Polymer Electolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC)	Polymer Electrolte (H ⁺)	Platinum	60-100	Kerapatan energi tinggi, memiliki kepekaan terhadap CO (<100ppm)
Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)	Electrolyte Polymer (H ⁺)	Platinum	60-120	Efisiensi sistem tinggi, peka terhadap hasil oksidasi di anoda

Keenam jenis Fuel Cell diatas beroperasi pada reaktan temperatur yang berbeda. Berbagai jenis Fuel Cell yang telah dijelaskan diatas dibedakan berdasarkan parameter jenis elektrolit yang digunakan pada *fuel cell* tersebut.

Secara umum jenis elektrolit yang terdapat di dalam *fuel cell* akan menentukan : (Chris & Scott, 2003b).

- Jenis sek bahan bakar (*fuel cell*)
- Jenis reaksi elektrokimia yang terjadi didalam *fuel cell*
- Jenis katalis yang digunakan
- Jenis bahan bakar atau *input* yang diperlukan
- Rentang temperatur kerja dari *fuel cell*.

2.2 Membran Polimer Elektrolit

Membran polimer elektrolit merupakan komponen utama dalam *Fuel Cell* yang berfungsi untuk memisahkan reaktan dan juga berfungsi sebagai sarana tranpotasi ion hidrogen yang dihasilkan oleh reaksi anoda menuju katoda sehingga reaksi katoda yang menghasilkan energi listrik dapat terajadi (Bossel, 2000; Carrette, Friedrich, & Stimming, 2001). PEM pertama kali digunakan dalam sel bahan bakar adalah membran polistiren sulfonasi membran ini dikembangkan oleh General elektrik untuk NASA pada tahun 1960an namun, membran ini memiliki beberapa kelemahan seperti kurangnya stabilitas dan rapat daya yang terbatas (Souzy & Ameduri, 2005).

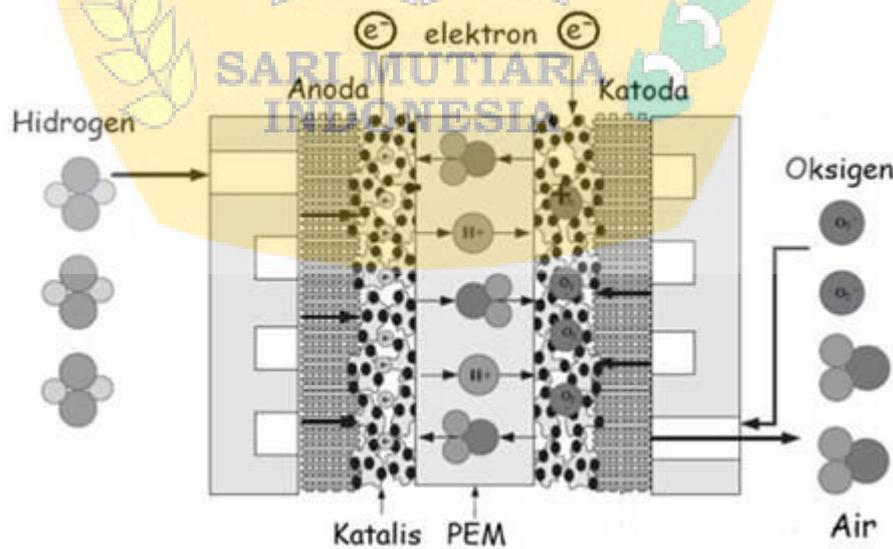
Proton exchange membrane atau membran petukaran proton adalah membran tipis atau penghalang bermuatan negatif yang bersifat permeabel terhadap kation atau proton. Anion tidak dapat melewati membran ini, dikarekan adanya gaya Coulombic dalam membran. Proton internal dapat bertukar tempat dengan proton lainnya yang berada diluar fasa kontak dengan membran. Membran pertukaran proton yang mengalami kontak spesies ionik secara elektrostatik menarik ion positif dan menolak ion negatif. Muatan negatif yang ada pada membran mengabsorsi ion positif (proton) tetapi menolak ion negatif (anion) yang dikenal dengan eksklusi Donan. Hal ini disebabkan oleh kesetimbangan termodinamik (kesetimbangan Donnan) antara ion yang berada di larutan elektrolit dengan ion pada membran (Rautenbach & Albrecht, 1989). Dalam larutan akan menarik proton kembali ke dalam larutan untuk menjaga agar muatan tetap netral. Hasilnya, terjadi akumulasi proton disekitar area membran-permukaan larutan sehingga meningkatkan potensial proton ke dalam membran sementara anion kedalam larutan.

Konsep serupa diatas diaplikasikan oleh Grubb pada tahun 1959, yang mengusulkan penggunaan PEM sebagai polimer elektrolit padat di dalam sel elektrokimia (Wycisk, Chisholm, Lee, Lin, & Pintauro, 2006). Fungsi PEM sebagai pemisah antara katoda dan anoda kriteria PEM yang digunakan dalam sel bahan bakar harus memiliki karakteristik sebagai berikut (Jörissen, Gogel, Kerres, & Garche, 2002) berikut 1.memiliki konduktivitas proton yang tinggi, 2.sebagai pemisah antara bahan bakar (hidrogen atau metanol) dan oksigen 3.tingkat permeabilitas bahan bakarnya rendah 4.kekuatan mekanik yang tinggi dan stabil pada suhu kerja 5. Memiliki tingkat elektro-osmotik terhadap aliran air rendah, dan memiliki resistensi tinggi terhadap oksidasi, reduksi dan hidrolisis.

Kriteria konduktivitas proton yang tinggi pada PEM sangat penting untuk menghindari kehilangan transfer proton dari anoda ke katoda (Gao et al., 2003) . PEM harus mengandung banyak gugus fungsi pengalir proton yang memungkinkan proton untuk berpindah dari satu gugus ke gugus lainnya. Konduktivitas proton dari kebanyakan polielektrolit pada PEM didapatkan dari asam sulfat dengan post-polimerisasi sulfonasi dengan asam sulfur atau sintesis monomer sulfat

2.2.1 Cara kerja PEM Fuel Cell

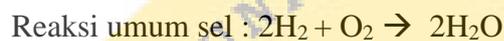
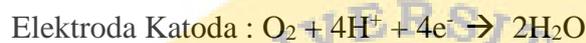
Untuk mengetahui cara kerja fuel cell dapat dilihat gambar 2.2



Gambar 2.2 Caram kerja PEM Fuel Cell

- Hidrogen (yang ditampung dalam sebuah tabung khusus) dialirkan melewati anoda, dan oksigen/udara dialirkan pada katoda
- Pada anoda dengan bantuan katalis platina Pt hidrogen dipecah menjadi bermuatan positif (ion/proton), dan negatif (elektron).
- Membran di tengah-tengah anoda-katoda kemudian hanya berfungsi mengalirkan proton menyebrang ke katoda.
- Proton yang tiba di katoda bereaksi dengan udara dan menghasilkan air.
- Tumpukan elektron di anoda akan menjadi energi listrik searah yang dapat menyalakan lampu

Persamaan Reaksi yang terjadi di anoda dan katoda dapat dituliskan sebagai berikut :



2.3 Asam Fosfat

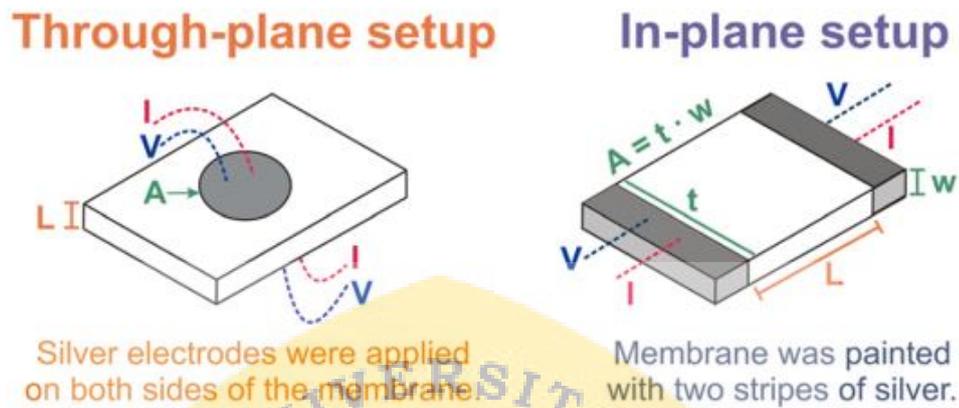
Asam fosfat dapat digunakan sebagai elektrolit cair sebagai penghasil proton dan dapat digunakan pada temperatur suhu tinggi untuk PEMFC (Hendrana, Hartanti, & Rahayu, 2018). Selain itu Penambahan asam phospat dapat meningkatkan konduktivitas ion dari senyawa aslinya (Tang, Cai, Yuan, Wang, & Yuan, 2013)

Asam fosfat memiliki fungsi dalam membran polimer untuk meningkatkan stabilitas termal ,stabilitas bahan, meningkatkan stabilitas ionik pada suhu tinggi, kinerja fuel cell pada suhu tinggi dan sifat mekanisnya (Peighambardoust, Rowshanzamir, & Amjadi, 2010), oleh karena itu penambahan asam fosfat kedalam membran untuk memodifikasi konduktivitas proton (Tang et al., 2013). banyak cara lain untuk memodifikasi ion konduktivitas membran sel bahan bakar (Alberti, Casciola, Massinelli, & Bauer, 2001) Beberapa molekul diantaranya, seperti imidazole juga telah digunakan untuk tujuan tersebut (Schuster et al., 2001). Dalam penelitian ini, asam fosfat ditambahkan ke membran polimer yang memiliki struktur supramolecular (Hendrana et al., 2013a).

2.4 Pengujian Karakterisasi

2.4.1 Uji Konduktivitas Ionik

Konduktivitas proton dari membran ditentukan dengan alat *Impedance Spectroscopy* pengukuran dilakukan dibawah variasi suhu (40-100°C). konfigurasi elektroda ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 2.3 Skema susunan pengukuran konduktivitas proton dengan susunan Through-plane dan In-plane

Digunakan untuk menilai hambatan terhadap ketebalan membran (*through plane configuration*) dan (*in – plane configuration*). Sampel dengan area $1 \times 1 \text{ cm}^2$ digunakan untuk pengukuran susunan melewati bidang (*through plane set up*) dimana dua elektroda tembaga yang sirkular dengan diameter 0.6 cm^2 dicat pada sisi yang berlawanan dari membran, potongan membran dengan empat persegi panjang dengan ca $1.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ digunakan untuk pengukuran *in – plane*. disini dengan dua potongan tembaga dipisahkan kira kira 1 cm digunakan sebagai elektroda. Membran - membran ini ditempatkan pada sampel holder yang berbentuk tabung untuk memastikan permukaan membran terpapar sepenuhnya terhadap atmosfer, spektra impedansi direkam diantara 5 Hz dan $5 \times 10^6 \text{ Hz}$ dan *test signal* 1000 mV. Konduktivitas dihitung menggunakan rumus $\sigma = L (RS)^{-1}$.

2.4.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Merupakan salah satu alat atau instrument yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10^{-1} .

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 (Griffiths, Shao, & Leytem, 2009)

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Nicolet, 2001)

Spektrofotometer FTIR merupakan alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

a. Analisis kualitatif

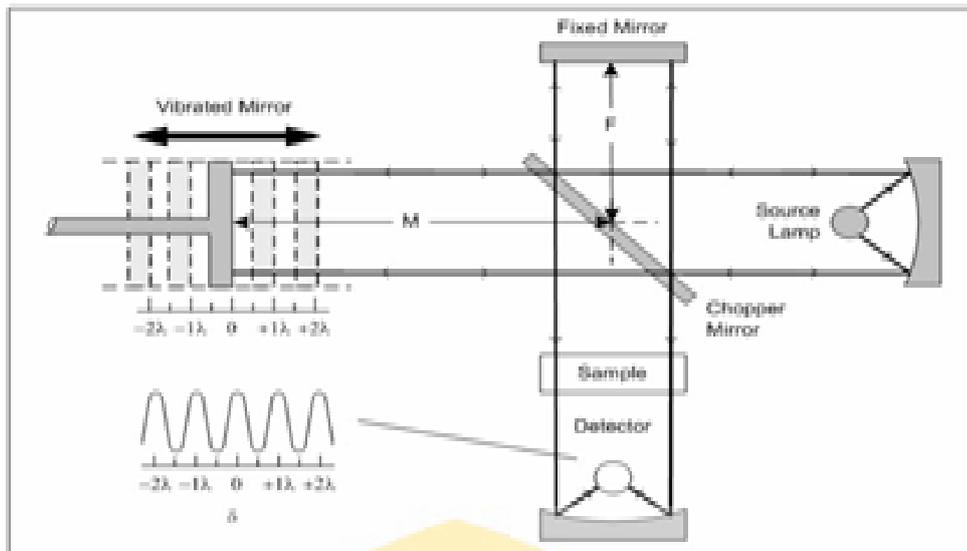
Analisis kualitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisis (Silverstein & Bassler, 1962)

b. Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel.

Metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang merupakan metode bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum infra merah menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui).

Skema alat spektroskopi inframerah sebagai berikut :



Gambar 2.4 Sketsa Alat Spektroskopi

FTIR terdiri dari 5 bagian utama yaitu (Griffiths, 1975):

1. Sumber sinar, terbuat dari filament nernst atau globar yang dipanaskan menggunakan listrik hingga temperatur 1000-1800°C. Pemijar globar merupakan batangan silikon karbida yang dipanasi hingga 1200°C dan merupakan sumber radiasi yang sangat stabil. Pijar Nernst merupakan bidang cekung dari sirkonium dan ytrium oksida yang dipanasi hingga sekitar 1500°C dengan arus listrik serta kurang stabil dibandingkan dengan pemijar globar dan memerlukan pendingin air.
2. Pencerminan, sistem utama FTIR adalah interferometer yang berfungsi sebagai kombinasi peralatan atau pengatur seluruh frekuensi inframerah yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Interferometer terdiri dari 3 komponen yaitu lensa statik, lensa dinamis, dan *beamsplitte*.
3. Daerah cuplikan, dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke dalam daerah cuplikan dan masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian. Detektor, berfungsi untuk mendeteksi sinar infra merah atau energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan.
4. Detektor yang sering digunakan adalah termokopel, sel golay dan balometer. Ketiga detektor bekerja berdasarkan efek pemanasan yang ditimbulkan oleh sinar IR (Sudjadi, 1985).

5. Elektronik, detektor inframerah menghasilkan tegangan yang merespon interferogram yang masuk melalui sampel, tegangan ini akan membentuk analog sebelum spektrofotometer dapat mengirim interferogram ke sistem data, maka sinyal harus dikonversikan dari bentuk analog ke bentuk digital.

