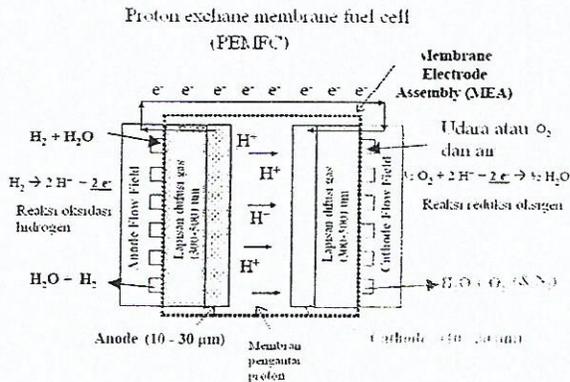


6. Pengumpul arus (*current collector*)
7. Plat penutup (*end plate*)

Diantara pengumpul arus di sisi anod dan katod dihubungkan oleh penghantar arus. Rangkaian sel tunggal PEMFC dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sel tunggal PEMFC

Selanjutnya sel tunggal PEMFC diuji dengan alat uji satu system yang dilengkapi dengan alat kontrol kecepatan gas hydrogen dan udara, tekanan dan alat control suhu humidifikasi gas dan suhu sel. Voltase dan arus yang dihasilkan dicatat oleh satu set komputer. Suhu tes antara 30-90 °C dengan humiditas diatur pada 100% RH dan 40% RH. Data hasil uji FCTS (I-V) dioptimasi dengan satu model PEMFC untuk mendapatkan parameter sifat elektrokimia membran yaitu voltase circuit terbuka ( $E_0$ ), hambatan internal ( $R$ ), konstante flooding ( $\gamma$ ) dan konstante fitting ( $\omega$ ). Model yang digunakan adalah model polarisasi untuk sistem sel tunggal PEMFC seperti yang ditampilkan dalam persamaan (4) (Baschuk, et al. 2000):

$$V = E_c - b \log(i) - R(i) - \gamma \exp(\omega i) \quad (4)$$

Konduktivitas membran dihitung berdasarkan persamaan empiris :

$$\sigma = \left( \frac{1}{R} \right) \left( \frac{l}{S} \right) \quad (5)$$

## Hasil dan pembahasan

### Sifat fisis dan kimia membran komposit Nafion-SiO<sub>2</sub>-PWA

Sifat fisika-kimia membran telah ditulis didalam makalah sebelumnya. Hasil analisis SEM (*Scanning electron microscopy*) dan TEM (*Transmission electron microscopy*), membran komposit Nafion-SiO<sub>2</sub>-PWA (NS15W) mempunyai struktur homogen, dengan ukuran partikel SiO<sub>2</sub> dan PWA rata-rata dibawah 10 nm. Nafion mempunyai struktur polimer yang terdiri dari rantai utama Polytetrafluoroethylene (PTFE) bersifat hidropobik dan rantai cabang perfluorovinylether yang ujungnya mengikat gugus sulfonat bersifat hidropilik. Gugus sulfonat didalam polimer membentuk satu kluster yang berukuran lebih kecil dari 10 nm. Ukuran kluster tergantung kepada kandungan air didalam membran. Makin tinggi kandungan air, ukuran kluster makin besar dan sebaliknya (Ramani, et al. 2005). Dengan diameter partikel lebih kecil dari 10 nm dapat diramalkan bahwa partikel berada didalam kluster Nafion. Kehadiran partikel SiO<sub>2</sub> dan PWA yang bersifat higroskopis dan PWA mempunyai konduktiviti proton tinggi pada suhu rendah menyebabkan membran tidak terdehidrasi apabila kelembaban air dipermukaan membrane rendah. Hal ini disebabkan partikel PWA dapat mengikat sejumlah air kristal. Sifat air kristal terikat kuat dengan partikel PWA. Air kristal didalam kluster Nafion juga dapat menjadi fasilitator lompatan perpindahan proton dari satu kluster ke kluster lainnya sehingga pada kelembaban rendah konduktivitas membran tetap tinggi. Kehadiran komponen SiO<sub>2</sub> dan PWA didalam kluster Nafion dapat menciptakan efek kondensasi kapiler seperti yang telah dijelaskan dalam laporan (Celestini, et al.1997) menggunakan persamaan Klein. Teori Klein menjelaskan mengenai kondensasi kapiler didalam saluran yang sempit:

$$\ln \frac{P}{P^0} = \frac{4\tau V \cos \theta}{DRT} \quad (6)$$

Secara singkat teori Klein menjelaskan bahwa pada suatu kondisi tertentu air dapat mengembun pada tekanan dibawah tekanan uap jenuhnya ( $P < P^0$ ). Kondisi yang sesuai untuk berlakunya kondensasi kapiler tergantung kepada sifat cairan dan diameter kapiler. Sifat cairan meliputi tegangan permukaan, volume molar dan sudut kontak cairan dengan permukaan. Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Klein, pada 40% RH atau tekanan uap air didalam kluster lebih kecil dibandingkan tekanan uap jenuhnya pada suhu tersebut ( $P = 0.4 P^0$ ), dengan memperhitungkan sifat air didalam kluster Nafion, kondensasi air didalam kapiler dapat terjadi didalam kluster Nafion yang terisi oleh partikel SiO<sub>2</sub> dan PWA. Kondensasi kapiler yang terjadi didalam kluster Nafion dapat dilihat pada Gambar 4. Kondensasi kapiler akan dibuktikan oleh sifat