



ISSN: 1693-4393

SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2014

*Pengembangan Teknologi Kimia
untuk Pengolahan Sumber Daya
Alam Indonesia*

5 Maret 2014

PROSIDING



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**



Karakterisasi PMFC Satu Satek

Ratna Kurnianingsih, Septi Sustinawati, Ramli Sitanggang, Danang Jaya

Program Studi Teknik Kimia UPN Veteran Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283

Email : ceptitohs@yahoo.com
niyawr11@gmail.com

Abstract

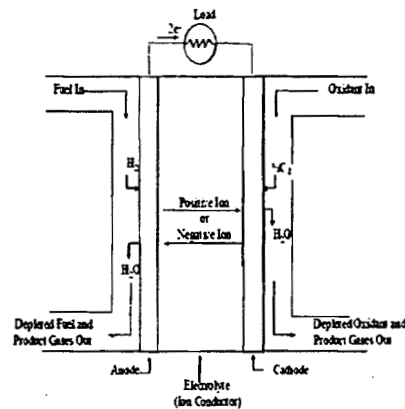
The fuel cell consists of layers of membranes, catalysts, diffusion and flow field plate layer. The layer is a constituent component of PMFC one stack often developed in the study. Each fuel cell uses the quality of the different layers will produce different power. Thus each fuel cell has a characteristic that can demonstrate the ability of the relationship between voltage and current with power. This research was carried out by using a series of fuel cells arranged in parallel and series. The instrument assembled in parallel and series using a cable - cable hook - up. The water used to produce gas electrolyzer is distilled water. Flow of solar modules is set and continuously streamed to electrolyzer simultaneously by setting the rotary switch on the module load for a certain time. From these results, the characteristic curve of the fuel cell by varying the resistance measurements rotary switch on the module), it can be concluded that the higher the current and the voltage will be lower or higher power. The lower the resistance the lower the voltage and current will be higher and the lower the resistance of the voltage and current will be lower.

Keywords : Characteristics, Stack, PMFC

Pendahuluan

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi perkembangan teknologi *fuel cell* adalah semakin meningkatnya perhatian pada masalah dampak yang ditimbulkan dari bahan bakar fosil terhadap lingkungan dan keterbatasan migas sehingga teknologi *fuel cell* ini menjadi teknologi alternative pembangkit tenaga. *Fuel cell* seringkali dianggap sangat menarik dalam aplikasinya untuk transportasi modern karena mempunyai efisiensi tinggi dan bebas emisi. *Fuel cell* ini merupakan teknologi elektrokimia yang menghasilkan listrik. Pada teknologi ini masih banyak yang perlu dikembangkan dengan metode penelitian terutama efisiensi dan jumlah energy listrik yang dihasilkan. *Fuel cell* ini terdiri dari lapisan membrane, lapisan katalis (anoda dan elektroda katoda) dan lapisan difusi (anoda dan katoda elektroda). Lapisan – lapisan tersebut merupakan komponen penting yang sering dikembangkan dalam penelitian (Placca, 2011). Setiap *fuel cell* yang menggunakan kualitas lapisan yang berbeda beda maka akan menghasilkan tenaga listrik yang berbeda, sehingga setiap *fuel cell* memiliki karakteristik yang berbeda pula. Karakteristik *fuel cell* dipengaruhi oleh *current*, *voltage*, *resistance* dan *power*. Pada penelitian ini akan mempelajari karakteristik tersebut dengan menggunakan variable diatas. Sehingga dapat diketahui kondisi *fuel cell* dan dapat diaplikasikan sebagai pembangkit listrik alternatif. Tujuan penelitian untuk mempelajari karakteristik fuel cell dengan variable *voltage* (V), *current* (I), *power* dan *resistance* (Ω) dari *fuel cell* dua stage yang dipasang seri dan parallel. *Fuel cell* menghasilkan energy listrik secara kimia seperti ditunjukkan pada gambar 1. Gambar ini menunjukkan *fuel cell* satu stack. Yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian sebelah kiri adalah lapisan-lapisan anoda dan yang sebelah kanan adalah lapisan-lapisan katoda.





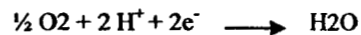
Gambar 1. Sketsa terbentuknya Listrik untuk Satu Sel

Apabila bahan bakar H_2 diumpankan terus menerus ke anoda (elektroda positif). Udara diumpankan juga secara kontinyu ke katoda (elektroda negatif). Pada keadaan ini elektrokimia berlangsung di elektroda untuk menghasilkan arus listrik secara terus menerus dengan reaksi sebagai berikut :

a. Reaksi Anoda :

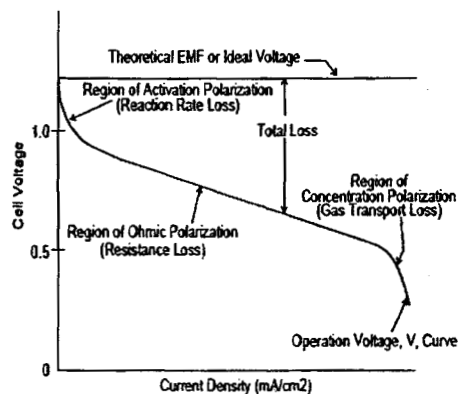


b. Reaksi Katoda :



(EG&G Technical Services, 2004).

Karakteristik listrik yang dihasilkan *fuel cell* dapat dilihat pada gambar 2:



Gambar 2. Karakteristik *Fuel Cell*, Data EG&G Technical Services, 2004.

Karakteristik ini dinyatakan dengan *voltage* dan densitas arus yang dipengaruhi oleh kecepatan reaksi elektrokimia, besaran tahanan listrik, dan phenomena transportasi gas. Dalam *fuel cell* kecepatan reaksi terutama pada suhu tinggi kurang signifikan, sehingga bagian yang cekung pada gambar sulit diamati, sedangkan perubahan yang ditimbulkan dengan perpindahan massa gas cukup berarti (EG&G Technical Services, 2004). Dimana bagian cembung kurva sering meluas kearah kiri (turun). Hilangnya ohmik hanya bergantung pada desain geometri sel, bahan pembuatan *fuel cell*, dan suhu operasi (EG&G Technical Services, 2004). Perubahan yang lainnya sangat tergantung pada konsentrasi reaktan (H_2 dan O_2) dan jumlah yang digunakan (EG&G Technical Services, 2004).

Dari semua perubahan-perubahan yang terjadi diatas, akan menghasilkan karakteristik *fuel cell* tertentu. Dalam penelitian ini diamati dua sel dari *fuel cell* yang dirangkai secara parallel yang bekerja sama persis seperti sel dengan permukaan dua lapis membrane. Karakteristik dipandang oleh bahan yang digunakan untuk elektroda (katalisis), resistansi internal, suhu serta volume hidrogen dan oksigen yang disediakan.

Di elektroda arus yang mengalir sangat kecil atau nol mengalirkan dengan tegangan *fuel cell* sekitar 0,9 volt. Tegangan ini disebut tegangan "open sirkuit". Dalam kasus *fuel cell*, sangat tergantung pada tekanan dan kemurnian



gas yang masuk. Semakin banyak arus yang dihasilkan dari *fuel cell*, maka akan semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Daya yang dihasilkan oleh *fuel cell* dapat dihitung dengan mengalikan arus dan tegangan (integrasi) seperti yang ditunjukkan gambar 2. Semakin tinggi current maka *power* yang dihasilkan *fuel cell* akan semakin tinggi pula. Jika pengoperasian dengan menggunakan beban misalnya lampu maka dalam diagram 2 dapat dilihat bahwa lampu tidak bereaksi atau bekerja pada titik optimum yaitu hidrogen hilang. Dengan kata lain tenaga yang diperlukan lebih besar. Jika di dalam prakteknya, diusahakan mengeluarkan arus sebanyak mungkin dari *fuel cell* (maksimum *output*) atau daya semakin besar, sehingga penurunan efisiensi *fuel cell* meningkat, karena resistance tinggi. Dalam kondisi ini tentunya penelitian akan menemukan titik operasi optimum dengan syarat H_2 yang bereaksi dan tenaga yang dihasilkan sebanyak mungkin.

Apabila *fuel cell* dirangkai secara seri tegangan yang lebih tinggi tercapai jika dibandingkan dengan rangkaian paralel, tetapi bentuk dasar dari kurva karakteristik tidak berubah. *Output* yang lebih tinggi dapat tercapai apabila rangkaian *fuel cell* dirangkai secara seri, karena resistensi beban modul memungkinkan untuk kebutuhan daya yang lebih besar sebagai hasil dari tegangan tinggi. Dari uraian tersebut diatas dapat dibuat batasan dan hipotesa karakteristik *fuel cell*. Batasan masalah dalam penelitian ini dilakukan pengamatan karakteristik *fuel cell* yang dipasang seri dan paralel untuk variable voltage (V), arus (I), resistance (Ω) dan *power*. Hipotesa yang dapat diambil Semakin tinggi *Current* maka *Voltage* yang dihasilkan *fuel cell* akan semakin rendah. Semakin tinggi *Current* maka *Power* yang dihasilkan *fuel cell* akan semakin tinggi pula.

Metodelogi

Bahan yang digunakan Hidrogen (H_2), Oksigen (O_2). Cara kerja alat, alat dirangkai secara paralel dan dipasang kabel – kabel hook – up. Kedua silinder tempat gas electrolyser diisi air distilled / suling sampai 0 ml. Modul surya diatur antara 700 dan 900 mA dan dialirkan ke elektroliser secara konstan. Solar sel diarahkan ke sumber cahaya. Seluruh system (electrolyser, sel bahan bakar dan tabung) dibersihkan selama 5 menit, kemudian mengatur *rotary switch* pada modul beban ke 2 ohm selama 3 menit. A (pengukur arus) diatur sampai menunjukkan arus sekitar 400 mA dan voltmeter menunjukkan tegangan 0,75 volt. Dua tabung pendek pada *outlet* gas dari *fuel cell* ditutup dengan menggunakan klip tabung. Kemudian hubungan antara modul surya dan electrolyser diputus ketika tanda 60 ml tercapai pada hydrogen electrolyser. Kurva karakteristik diukur dari *fuel cell* dengan memvariasikan pengukuran resistance (*rotary switch* pada modul). Ditunggu selama 30 detik setiap kali pengukuran, lalu hasil pengukuran dimasukkan ke dalam table pengukuran. Setelah itu diamati dan dicatat kurva karakteristik, reset *rotary switch* pada modul beban dan memutus klip di *fuel cell*. Untuk penelitian selanjutnya diubah rangkaian paralel ke rangkaian seri dan dilakukan langkah penelitian yang sama seperti rangkaian paralel.

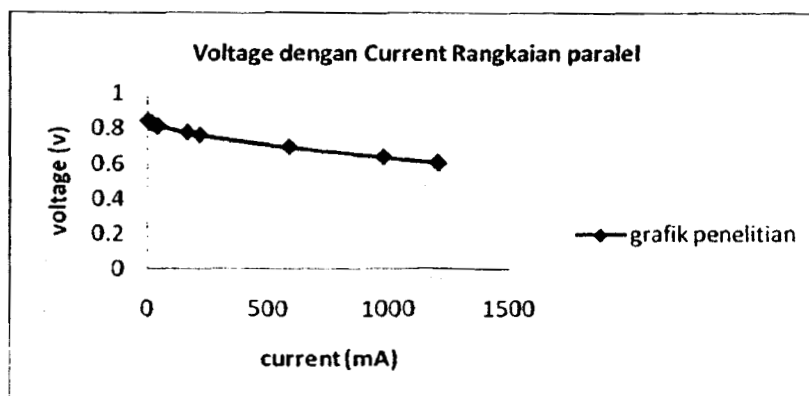
Analisis Penelitian

$$P = V \times I$$

Dimana : P = Power (watt); V = Tegangan (Volt); I = Arus (Ampere)

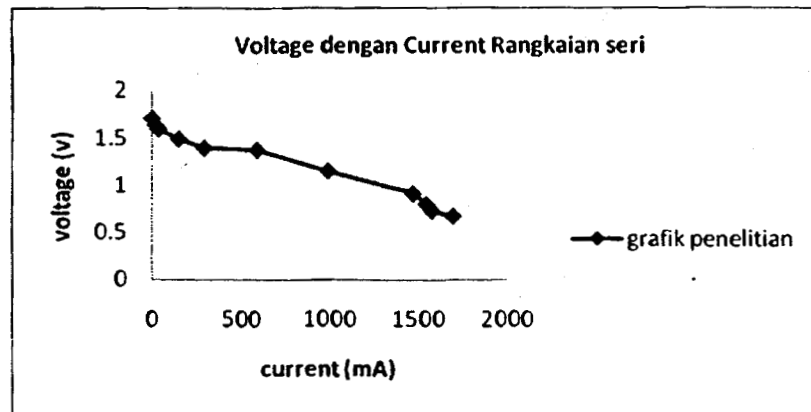
Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian yang sudah dilaksanakan maka didapatkan hasil yaitu data dan grafik yang akan dijabarkan dibawah ini.



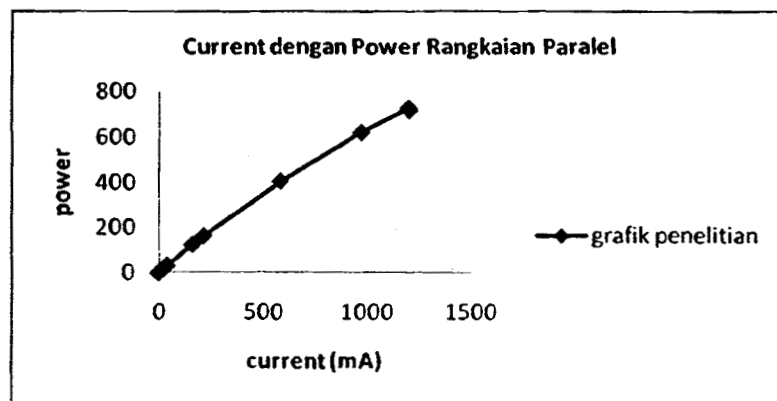
Gambar 3. Grafik hubungan *Voltage* dengan *Current* dalam rangkaian paralel



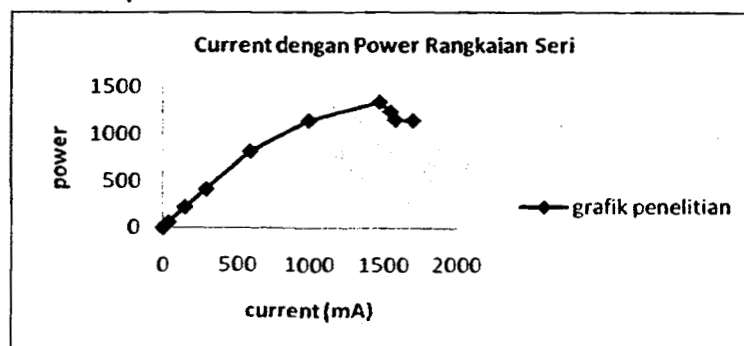


Gambar 4. Grafik hubungan *Voltage* dengan *Current* dalam rangkaian seri

Hasil Peneliiian yang ditunjukkan pada gambar 3 terlihat bahwa semakin tinggi current maka voltage akan semakin rendah. Gambar 4 menunjukkan hubungan voltage dengan current dalam rangkaian seri, dimana semakin tinggi current maka voltage semakin rendah. Hal tersebut diatas dapat disebabkan oleh volume oksigen dan hydrogen yang disediakan dari proses elektrolisis. Selain kedua hal tersebut resistance juga mempengaruhi hasil dari current dan voltage.



Gambar 5. Grafik Hubungan *Current* dengan *Power* Dalam Rangkaian Paralel

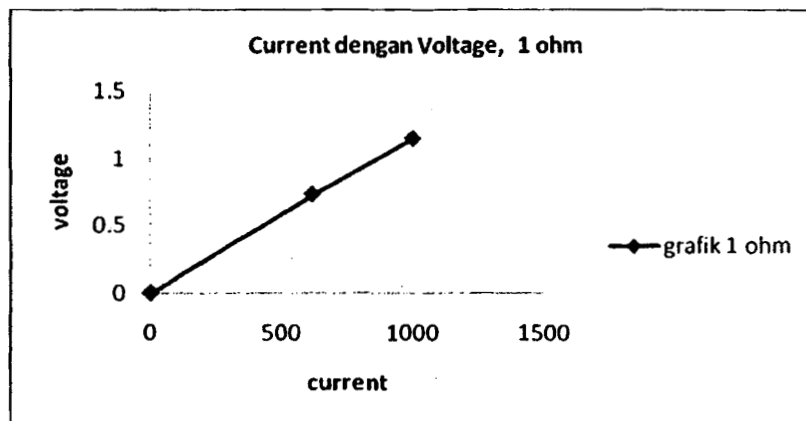


Gambar 6. Grafik Hubungan *Current* dengan *Power* Dalam Rangkaian Seri

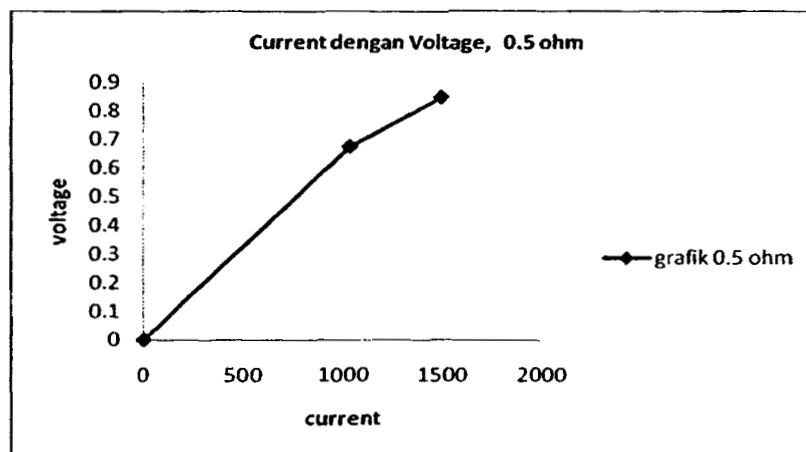
Dari gambar 5 menunjukkan hubungan current dengan power dalam rangkaian parallel, dimana semakin tinggi power maka current juga akan semakin tinggi. Hal itu disebabkan karena gas H_2 yang bereaksi semakin banyak sehingga tenaga yang dihasilkan semakin banyak. Pada gambar 6 terlihat hubungan current dan power yang dirangkai seri, dimana semakin tinggi power maka semakin tinggi pula currentnya. Tetapi pada data ke 7



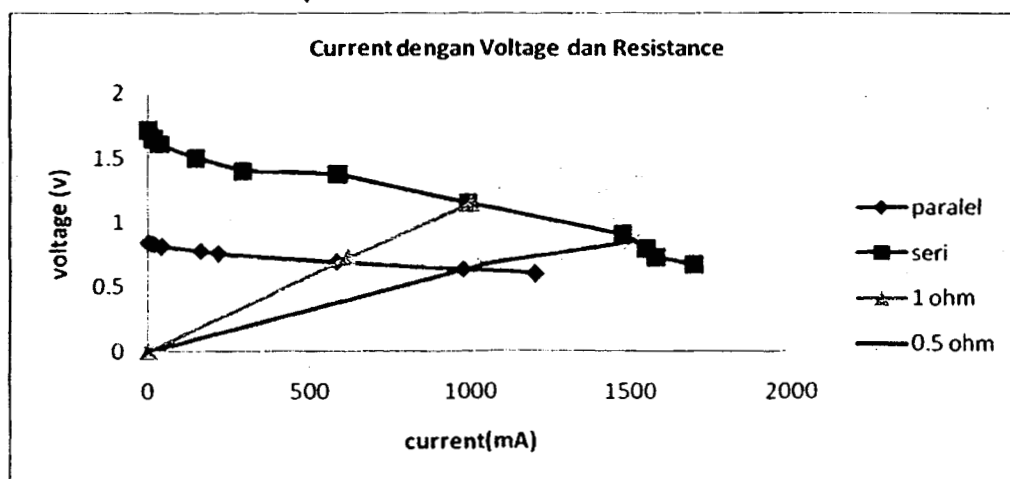
untuk system dengan rangkaian seri power mengalami penurunan karena pengaruh dari resistance, dimana semakin kecil resistance maka power akan semakin menurun.



Gambar 7. Grafik hubungan Current dengan Voltage dalam resistance 1 Ohm



Gambar 8. Grafik hubungan Current dengan Voltage dalam resistance 0.5 Ohm



Gambar 9. Grafik Hubungan antara current, voltage, resistance dalam rangkaian seri dan parallel





Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa semakin tinggi current maka voltage akan semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan resistance pada kondisi tetap yaitu 1Ω . Sedangkan pada gambar 8 juga terlihat semakin tinggi current maka semakin tinggi juga voltasenya. Akan tetapi pada 1Ω voltage yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan voltage yang dihasilkan pada saat resistance 0.5Ω . Sedangkan dengan current dimana pada saat resistance 1Ω current yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan saat resistance 0.5Ω . Pada gambar 9 terlihat bahwa hubungan antara current, voltage, power dan resistance. Pada saat garis 1Ω berpotongan dengan garis voltage dan current maka pada titik tersebut disebut sebagai titik optimum. Begitu juga dengan garis 0.5Ω dapat terlihat titik optimumnya.

Kesimpulan

Dari gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi current maka voltage akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan pada resistensinya dan dari volume oksigen dan hydrogen yang disediakan dari proses elektrolisis. Untuk grafik hubungan antara current dengan power pada rangkaian parallel dan seri yang terdapat pada gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi current maka power akan semakin tinggi juga. Untuk gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi current maka voltage akan semakin tinggi. Untuk grafik hubungan current, voltage dan resistance pada gambar 9 pada saat garis 1Ω berpotongan dengan garis voltage dan current maka pada titik tersebut disebut sebagai titik optimum. Begitu juga dengan garis 0.5Ω berpotongan dengan garis voltage dan current maka pada titik tersebut juga disebut titik optimum.

Voltage yang lebih tinggi dapat tercapai apabila fuel cell dirangkai secara seri, tetapi bentuk dasar dari kurva karakteristik tidak berubah. Output yang lebih tinggi dapat dicapai dalam penelitian ini apabila rangkaian fuel cell dirangkai secara seri, karena resistance beban modul memungkinkan untuk kebutuhan power yang lebih besar sebagai hasil dari voltage tinggi.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada orang tua dan pihak-pihak yang membantu terlaksanakannya penelitian.

Daftar Pustaka

- EG&G Technical Services, Inc. 2004. *Fuel Cell Handbook Seventh Edition*. U. S .Department of Energy Office of Fossil Energy National Energy Technology Laboratory P.O. Box 880 Morgantown, West Virginia 26507-0880 .
Placca, L., Kouta, R. 2011. *Fault tree analysis for PEM fuel cell degradation process modeling*. International journal of hydrogen energy 36 (2011) 12393-12405.





Lembar Tanya Jawab

Moderator: Mahreni (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Widayati (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Mengapa resistance 100? Dasarnya apa?
Jawaban : Berdasarkan hasil penelitian peneliti sebelumnya.
2. Penanya : Benny Salda (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apa yang dimaksud dengan 1 stack dan apa pengaruhnya?
Jawaban : 1 stack PEMFC terdiri dari penutup (plat), pengumpul arus, *bipolar plate*, lapisan difusi dan elektroda (anoda dan katoda)
3. Penanya : Ruth (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Bagaimana mekanisme untuk menghasilkan listrik?
Jawaban : Mekanismenya adalah O_2 masuk disisi katoda, H_2 masuk di sisi anoda dioksidasi menghasilkan H^+ dan elektron (e). Elektron keluar dari sistem menghasilkan listrik, kemudian masuk ke katoda.
Reaksinya adalah:
Reaksi Anoda : $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
Reaksi Katoda : $\frac{1}{2} O_2 + 2 H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$