

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M7-016 Peningkatan Efisiensi Piranti Alkaline Elektroliser

M.Rosyid Ridlo

Pusat Penelitian Fisika LIPI
Kawasan Puspitek Serpong Tangerang
Email: mrridlo@yahoo.com

Abstrak

Beberapa perusahaan otomotif terkemuka dunia telah mengklaim mampu membuat mobil listrik dengan bahan bakar gas hydrogen. Mobil tersebut bermesin Fuel Cell yang dengannya energi yang dibawa hydrogen dapat dikonversi ke bentuk energi listrik. Konversi tersebut terjadi tanpa adanya gas buang karbon dioksida yang menyertai. Oleh sebab itu gas hydrogen digolongkan sebagai bahan bakar yang mampu menjawab persoalan efek rumah kaca seperti apa yang ditimbulkan oleh bahan bakar minyak. Lebih dari itu, hydrogen dapat diperoleh hanya dengan elektrolisis air yang berarti bahan bakar ini bersifat renewable.

Faktanya, produksi hydrogen dunia hampir 96% tidak menggunakan cara elektrolisis. Untuk kapasitas produksi besar cara elektrolisis dipandang kurang efektif. Seperti diketahui piranti elektrolisis menggunakan energi listrik untuk mengurai air menjadi hydrogen dan oksigen. Untuk kapasitas produksi besar perlu arus listrik yang juga besar. Namun karakteristik khas elektroliser adalah makin besar arus listrik, efisiensi konversi energi makin menurun.

Dalam paper ini akan diulas beberapa faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi elektroliser, terutama masalah elektroda, elektrolit dan diafragma yang dipakai dalam sistem elektroliser. Juga akan dikemukakan hasil hasil penelitian peningkatan efisiensi sel elektroliser menggunakan cara sonikasi/ ultrasonik yang dilakukan di Pusat Penelitian Fisika LIPI.

Kata kunci : elektroliser, ultrasonik, hydrogen, fuel cell, alkaline

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Pendahuluan

Melalui arus listrik DC, molekul air dapat diurai menjadi molekul hydrogen dan oksigen dalam suatu sistem sel elektrolisis. Teknologi produksi hydrogen seperti ini tergolong *mature* dan *proven* dan dipakai sudah lama [1]. Namun harga hydrogen dengan cara ini masih belum kompetitif dibanding dengan harga bahan bakar yang ada saat ini. Piranti elektroliser komersial menghasilkan hydrogen dengan harga diatas 5 dolar US per kg. Sementara agar dapat bersaing dengan bahan bakar fosil seperti bensin misalnya harga tersebut perlu diturunkan hingga 1,2 hingga 3 dolar US/kg[2]. Biaya produksi sekitar 70% bergantung pada harga listrik. Dalam sel elektrolisis tidak semua arus listrik dapat dikonversi menjadi energi hydrogen sebagian terbuang menjadi panas. Piranti elektroliser komersial memiliki tingkat efisiensi konversi energi sekitar 60 hingga 70%. Maka supaya harga hidrogen kompetitif perlu peningkatan efisiensi sel.

2. Overpotensial sel

Secara teoritik untuk mengurai air diperlukan potensial listrik yang minimal sama dengan potensial elektrokimia air yaitu 1,23 V. Penggunaan katoda dan anoda sebagai material elektroda menyebabkan potensial sel menjadi minimal 1,482 V atau lebih besar tergantung jenis material elektroda yang digunakan [3]. Material dengan potensial elektroda standar yang besar menghasilkan tegangan sel yang besar. Tegangan lebih dari 1,482 V inilah yang disebut overpotensial sel.

2a. Rangkaian ekuivalen

Beberapa parameter yang berpengaruh pada besar nilai overpotensial dapat dinyatakan melalui rangkaian ekuivalen [4]:

$$E_{sel} = E_{rev} + \eta_{act\ surf} + \eta_{cap\ stnsi} + IR \quad (1)$$

Dengan

$$E_{rev} = 1,482 \text{ volt}$$

$\eta_{act\ surf}$ = overpotensial akibat transfer electron
elektroda-elektrolit

$\eta_{cap\ stnsi}$ = overpotensial akibat *double layer*
capasitance

IR = overpotensial akibat resistensi
elektrolit

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tampak di sini besar overpotensial dipengaruhi jenis elektrolit (IR) dan elektroda ($\eta_{act\ surf}$ dan $\eta_{captnsi}$)

2b. Efisiensi konversi energi

Energi efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan nilai energi terkandung dalam hydrogen per berat dengan energi yang diperlukan untuk memproduksi hydrogen per berat :

$$E_{ff} = E_{h2}/E_{prod} \quad (2)$$

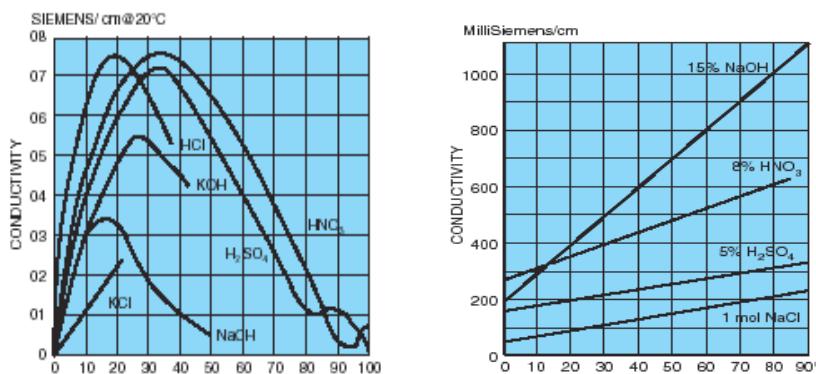
Melalui hukum elektrokimia faraday dan HHV (higher heating value) hydrogen Efisiensi dituliskan[5]:

$$E_{ff} = 1,482V/E_{sel} \quad .(3)$$

Dari pers.(1) dan pers.(3) ditunjukkan efisiensi konversi energi dipengaruhi jenis elektrolit dan elektroda sel yang digunakan.

2c. Faktor berpengaruh efisiensi

Besar resistensi elektrolit tergantung pada temperatur dan konsentrasi larutan. Gambar 1 memperlihatkan ketergantungan tersebut. Pada elektroliser alkaline umum digunakan larutan KOH dengan konsentrasi 25-30 % berat dengan suhu operasi 60-80 C. Pada kondisi ini resistensi KOH bernilai minimum[6].



Gambar 1. Ketergantungan resistensi suhu, jenis dan konsentrasi elektrolit.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

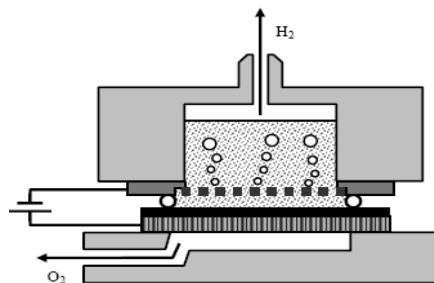
Beberapa jenis elektroda memberikan nilai overpotensial yang beragam. Kecepatan korosivitas elektroda juga merupakan pertimbangan utama dalam pemilihan sebagai elektroda. Platina memberikan nilai overpotensial paling rendah diantara material lain (tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan overpotensial beberapa logam [7]

Jenis material	Overpotensial (V)
Platina	0,1
Nikel	0,63
Perak	0,95
Zinc	1,24
Merkuri	1,40

Karena termasuk logam mulia, platina tahan korosi terhadap larutan alkali. Namun harga yang mahal, menyebabkan perlu dicari material lain yang lebih murah tetapi tetap tahan korosi. Pilihan jatuh pada nikel. Industri pembuat sel elektroliser banyak menggunakan material nikel sebagai electrode. Penelitian mutakhir menunjukkan penambahan partikel lain dapat menurunkan overpotensial nikel.

Malahan beberapa peneliti [8] mencoba menggunakan sistem gas difusi sebagai elektroda (gambar 2).



Gambar 2. Skema penerapan elektroda gas diffusion dalam sel elektrolisis

Disamping menambahkan partikel unsur lain penurunan overpotensial diupayakan melalui peningkatan luas efektif permukaan elektroda [9]. Dari hukum ohm peningkatan luas permukaan dapat menurunkan nilai resistensi elektroda. Cara yang kini sedang

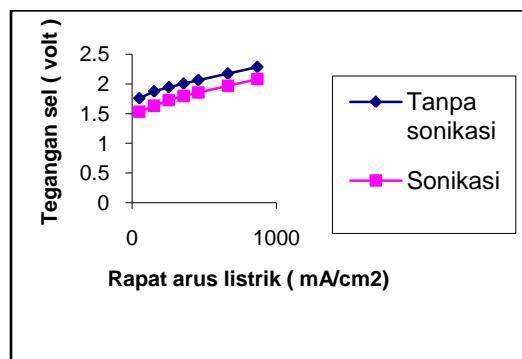
banyak dijadikan objek penelitian adalah dengan membuat permukaan menjadi berpori. Pori ini ini menyebabkan interaksi 3 dimensi ion elektrolit dengan elektroda sehingga lebih banyak ion saling tukar muatan dengan elektroda. Beberapa penelitian menunjukkan ketika besar pori pori berukuran nanometer , efisiensi sel meningkat hingga mencapai 90% pada arus kerja 1 A/cm^2 .

Ketika produksi hydrogen berlangsung antara katoda dan anoda muncul gelembung (bubble) gas hydrogen dan oksigen. Jumlah gas dan ukuran gelembung menaikkan resistensi elektrolit yang pada akhirnya mempengaruhi overpotensial sel[9].

Peneliti Rusia Kanarev melaporkan penggunaan arus listrik bentuk pulsa dengan frekwensi tertentu juga dapat menurunkan overpotensial sel[10].

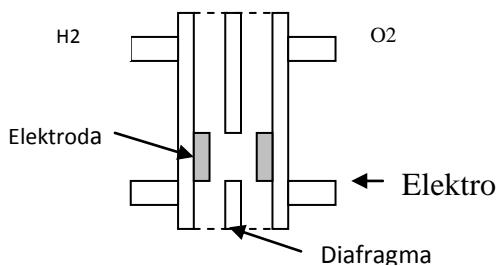
3.Penggunaan ultrasonik

Di Pusat penelitian fisika LIPI telah dilakukan upaya peningkatan efisiensi sel dengan menggunakan energi ultrasonic. Hasilnya terjadi penurunan overpotensial ketika iradiasi ultrasonic berlangsung (gambar 3)[11]



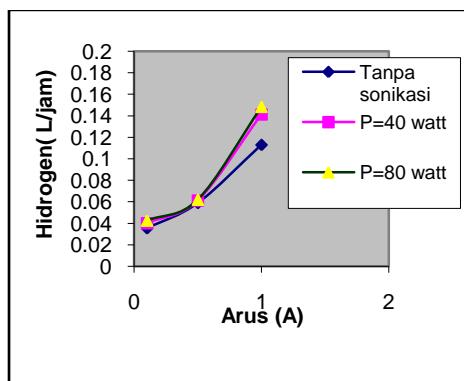
Gambar 3. Penurunan overpotensial

Sel elektroliser dirancang seperti tampak pada gambar 5. Sel menggunakan elektroda nikel ukuran $2 \times 1 \text{ cm}^2$ dengan jarak pisah 6 mm.



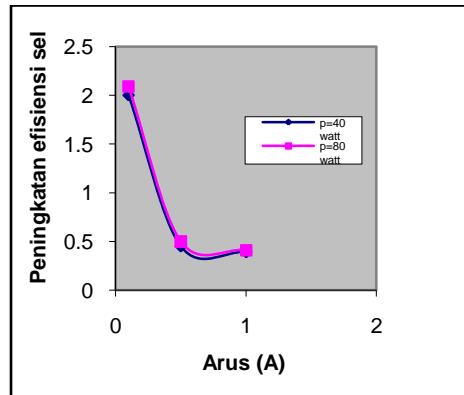
Gambar.4 Disain sel elektroliser

Pengujian dilakukan melalui dua cara. Cara pertama menggunakan cara iradiasi langsung dimana horn ultrasonic ditempatkan diantara dua elektroda sel. Hasilnya efisiensi sel meningkat 3 %. Pada paper ini dibahas cara ke 2 yaitu iradiasi tidak langsung. Horn ultrasonic diiradiasikan pada wadah lain yang berisi elektrolit untuk kemudian dialirkan memutar melalui sel. Sebagai hasil laju produksi hydrogen mengalami peningkatan (gambar 5) .



Gambar 5. Peningkatan laju produksi hidrogen

Dengan menggunakan hukum elektrokimia faraday data ini dapat dikonversi menjadi data efisiensi seperti tampak pada gambar 7. Efisiensi tertinggi dicapai pada arus sekitar 10 mA dengan tingkat efisiensi 2%.



Gambar 6. Peningkatan efisiensi sel

Dari data Tafel slope disimpulkan selama iradiasi ultrasonic terjadi peningkatan luas efektif elektroda dan juga pembersihan permukaan elektroda dari gelembung gas[12] Pengamatan beberapa parameter juga telah dilakukan di P2F-LIPI diantaranya double

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

layer capacitance, laju transfer electron pada elektroda dan resistensi elektrolit. Selama iradiasi berlangsung double layer capacitance dan laju transfer electron mengalami peningkatan dan resistensi tetap tidak mengalami perubahan [13]

4.Kesimpulan

Efisiensi sel dapat diamati dengan cepat melalui pengukuran tegangan sel. Makin tinggi sel dari 1,482 V makin tidak efisien sel. Untuk meningkatkan efisiensi perlu diturunkan nilai overpotensial. Beberapa parameter yang berpengaruh terhadap nilai ini adalah jenis elektrolit dan material untuk elektroda, suhu kerja sel, keadaan/luas efektif permukaan elektroda.

5.Daftar pustaka.

- [1].Matthew Kaufman “Electrolysis development and hydrogen infra structure”, US dept.of energy, www1.eere.energy.gov/.../pdfs/euiw_a10_electricity_mtg.pdf
- [2]. Johanna Ivy “Technology Brief :Analysis of current day electrolysis”,summarizes the results presented <http://www.nrel.gov/publications>
- [3].Svein Sunde,” Electrolysis for hydrogen production “, Dept.of material science,Sen Saelans Veig,Trondheim Denmark,2006.
- [4].M.RosyidRidlo,Achiar Oemry,”Efek sonikasi pada resistansi elektrolit sel elektrolisis untuk produksi Hydrogen”,Proseding Seminar Nasional di UGM Yogyakarta,juni 2008.
- [5] Robert B Dopp,”Hydrogen generation via water electrolysis using highly efficient nanometal electrode”, Quantum sphere inc,2007
- [6] Marija et all,” Modern advance in electrical conductivity measurement of solutions”, Acta.Chim.Slove,2006
- [7]”Electrolysis and overpotensial”www.chemnew.sdu.edu.cn/cce/news,2005
- [8] Hayato yamaura et all,” Water electrolyser using gas diffusion”, www.electrochem.org/meetings/scheduler/214/0037.pdf
- [9] N Nagai et all,” Influences of bubble between electrodes on to efficiency of alkaline electrolysis”, Proc.of PSFPIV,2003
- [10]Kanarev,“Lowcurrentelectrolysisofwater”,
www.guns.connect.fi/innoplaza/.../Kanarev
- [11]M,Rosyid Ridlo dkk “Pengaruh gelombang ultrasonic pada sel elektrolisis air “ Prosediing seminar nasional di Universitas Indonesia Jakarat, agustud 2007
- [12]M.Rosyid Ridlo dkk,” Agitasi ultrasonik pada elektroda sel elektrolisis “ Proseding seminar nasional di Universitas Teknologi Yogjakarta,2008

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

[13]M.Rosyid Ridlo,Achiar Oemry," Mekanisme penurunan overpotensial sel elektrolisis akibat iradiasi ultrasonic", Proseding Seminar Nasional di UPI Bandung,agustus 2008

