
PENGARUH PENAMBAHAN PROPANA DALAM BAHAN BAKAR TERHADAP KARAKTERISTIK SEL TUNAM OKSIDA PADAT

Isdiriayani Nurdin, Astrilia Damayanti, Ocktavianus Lede M.R., Pramujo Widiatmoko
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung
Email: isdi@che.itb.ac.id, telpon: 022-2500989

Naskah diterima 25 Februari 2005, dinilai 3 Maret 2005, dan disetujui 29 Maret 2005

Abstrak

Sel tunam oksida padat (SOFC) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan toleran terhadap kontaminan dalam bahan bakar. Tujuan percobaan ini adalah mempelajari pengaruh penambahan propana dalam bahan bakar terhadap karakteristik SOFC. Pada penelitian ini SOFC yang diuji terdiri dari komponen utama sel tipe ASC1 buatan InDEC B.V, dilengkapi dengan cangkang terbuat dari stainless steel tipe AISI 304, yang merangkap sebagai distributor gas umpan, dan isolator dari bahan asbes serta semen tahan api tipe C-12 high alumina. Karakter SOFC yang dipelajari pada penelitian ini meliputi kondisi operasi optimum, polarisasi, dan umur sel. Hasil percobaan menunjukkan bahwa operasi SOFC optimal pada temperatur 700°C dengan laju alir H₂ 45 mL/menit dan udara 225 mL/menit. Konsentrasi propana dalam bahan bakar 22,2 %-v memberikan umur sel yang lebih panjang, arus maksimum yang lebih kecil, dan efisiensi tegangan yang lebih besar daripada dengan bahan bakar gas hidrogen saja. Konsentrasi propana dalam gas bahan bakar sampai dengan 22,2 %-v tidak mempengaruhi tegangan sel. Kurva polarisasi yang diperoleh menunjukkan bahwa reaksi sel terkendali oleh perpindahan massa.

Kata Kunci : SOFC, Umur, Polarisasi, Efisiensi

Abstract

Fuel cell is a renewable energy source that does not create any negative effect to the environment. One of the advantage of the Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) is its tolerance to fuel contaminants. This research is aimed to study the effect of propane addition into fuel gas on SOFC'S characters. SOFC tested during this research consists of main components functioned as feed gas distributor, and insulator made of asbestos and C-12 high alumina. SOFC's characters studied in this research including optimum operating conditions, polarization, and expected life time of the cell. The test results show that optimum operating conditions of tested SOFC are 700°C, 45 mL H₂/minute and 225 mL air/minute. Cell using 22,2 %-vol propane in the fuel gives a longer lifetime, a smaller maximum current, and a higher voltage efficiency than such using hydrogen only as fuel. Propane concentration in fuel gas up to 22,2 %-vol has not any significant influence to cell voltage. The obtained polarization curve reveals that cell reactions are mass transfer controlled.

Keywords : SOFC, Life Time, Polarization, Efficiency

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di dunia semakin lama semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Akan tetapi cadangan sumber energi yang cukup banyak digunakan sekarang ini, yaitu minyak bumi, semakin menipis. Oleh karena itu semakin banyak dikembangkan berbagai sumber energi alternatif, seperti energi matahari, energi panas bumi, energi air, dan berbagai sumber energi lainnya.

Dasar pemilihan sumber energi yang akan dimanfaatkan antara lain adalah kemungkinan bahaya yang ditimbulkan oleh dampak negatif penggunaan sumber energi tersebut, bagi manusia maupun lingkungan sekitarnya. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya tingkat pencemaran yang dapat membahayakan kelangsungan hidup bagi biosfer. Salah satu sumber energi terbarukan yang tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan adalah sel tunam (*fuel cell*). Tidak seperti pada proses pembakaran, sel tunam menghasilkan energi tanpa menimbulkan pencemaran udara. Selain itu efisiensi dari sel tunam ini cukup tinggi, yaitu sekitar 50-60 %.

Prinsip operasi sel tunam adalah menghasilkan energi listrik dari energi kimia melalui reaksi elektrokimia, sama dengan prinsip kerja baterai. Akan tetapi karena sumber energi kimia untuk melangsungkan reaksi dalam sel tunam dipasok dari luar, maka umur sel tunam tidak tergantung pada sumber energi kimia yang ada dalam sel. Sumber energi kimia untuk sel tunam berupa gas hidrogen atau hidrokarbon ringan dan oksigen dari udara sebagai oksidan.

Hidrogen sebagai bahan bakar utama sel tunam dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti elektrolisis air, reformasi hidrokarbon ringan, atau sebagai hasil samping reaksi pembuatan propilen dari propana. Jika hidrogen *by product* yang terkontaminasi propana dapat digunakan sebagai bahan bakar sel tunam tanpa menurunkan kinerja sel, maka biaya operasi sel tunam dan harga energi listrik yang dihasilkan akan menjadi lebih murah.

Minh dan Takahashi (1995) telah melakukan uji SOFC dengan komponen utama katoda LaMnO_3 , anoda Ni-YSZ dan elektrolit YSZ, namun tidak memberikan data karakteristik SOFC.

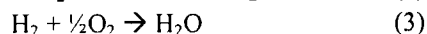
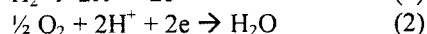
Berdasarkan sukses Minh dan Takahashi, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik operasional SOFC sejenis, bila bahan bakarnya ditambah dengan propana. Dalam bukunya, Minh dan Takahashi belum membahas karakteristik umur sel. Karena

itu, penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh komposisi umpan terhadap unjuk kerja sel serta umur sel.

Jika ditinjau dari perhitungan termodinamik saja, diperkirakan bahwa penambahan propana dalam bahan bakar akan menurunkan tegangan dan efisiensi tegangan sel, tetapi dapat memperpanjang umur sel. Hasil percobaan yang tidak sesuai dengan perhitungan termodinamik kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor kinetik.

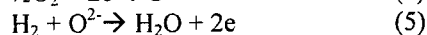
2. Fundamental

Secara umum, reaksi yang terjadi dalam sel tunam adalah sebagai berikut:



Berdasarkan elektrolit yang digunakan, sel tunam dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu Alkaline Fuel Cell (AFC), *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC), *Polymer electrolyte Fuel Cell* (PEFC), *Molten carbonate Fuel Cell* (MCFC), *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC), dan *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC).

Salah satu jenis sel tunam yang sedang dikembangkan saat ini adalah *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC). Sel ini menggunakan oksida padat sebagai elektrolit. Reaksi yang terjadi dipermukaan elektroda adalah sebagai berikut:



Sel tunam ini cukup menarik untuk dikembangkan karena memiliki toleransi tinggi terhadap kontaminan bahan bakar, mudah ditangani karena tidak melibatkan fasa cair, dapat digunakan di daerah terpencil, dan gas buangnya yang panas dapat digunakan untuk cogeneration sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi total yang dihasilkan. Di sisi lain, temperatur operasi yang tinggi dan atmosfer yang kaya oksigen memerlukan bahan konstruksi yang tahan temperatur tinggi dan korosi temperatur tinggi. Bahan konstruksi tersebut tidak mudah diperoleh dan mahal harganya.

Unjuk kerja sel tunam dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain bahan dan struktur anoda, katoda, dan elektrolit, tekanan dan temperatur operasi, serta komposisi dan laju alir gas umpan. Parameter yang dapat digunakan sebagai tolak ukur kinerja SOFC adalah tegangan yang dihasilkan, karakteristik polarisasi, efisiensi konversi energi, dan umur sel.

Di dalam suatu sistem reversibel yang beroperasi pada tekanan dan temperatur konstan, kerja listrik sama dengan perubahan energi bebas Gibbs. Persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\Delta G = -w_e \quad (7)$$

$$w_e = nFE \quad (8)$$

$$\Delta G = -n F E \quad (9)$$

Suatu sel tunam akan berfungsi apabila reaksi berjalan spontan, sehingga perubahan energi bebas Gibbs bernilai negatif dan potensial sel yang dihasilkan bernilai positif. Perubahan potensial reversibel terhadap temperatur pada tekanan konstan dapat ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_P = \frac{\Delta S}{nF} \quad (10)$$

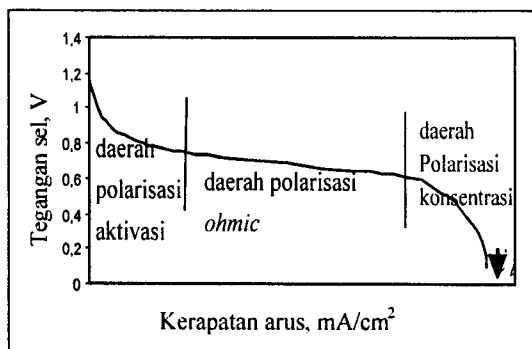
Dari persamaan (10) terlihat bahwa apabila perubahan entropi bernilai negatif, maka kenaikan temperatur akan menurunkan potensial sel yang dihasilkan. Sedangkan pengaruh tekanan terhadap potensial sel dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\left(\frac{\partial E}{\partial P} \right)_T = \frac{-\Delta V}{nF} \quad (11)$$

Jika reaksi terjadi pada fasa gas dan diasumsikan sebagai gas ideal, maka :

$$E_2 - E_1 = - \frac{2,303 (\Delta N)RT}{nF} \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad (12)$$

Dari persamaan (11) terlihat bahwa perubahan tekanan pada temperatur kamar tidak berpengaruh besar terhadap potensial. Pada kondisi ideal, sel tunam yang menggunakan umpan H_2 dan O_2 dapat menghasilkan tegangan sebesar 1,23 V pada temperatur 25°C. Namun pada operasinya, tegangan yang dihasilkan lebih kecil dan harga tersebut akan berkurang seiring dengan penambahan beban. Tegangan yang hilang ini disebut sebagai polarisasi seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Polarisasi Sel Tunam

Polarisasi yang terjadi di dalam sel terdiri atas polarisasi aktivasi, polarisasi *ohmic*, dan polarisasi konsentrasi. Polarisasi aktivasi menunjukkan energi aktivasi untuk reaksi elektrodik yang lambat. Polarisasi aktivasi dinyatakan dengan persamaan Tafel sebagai berikut

$$\eta_{act} = a \pm b \log i \quad (13)$$

Polarisasi *ohmic*, menunjukkan penjumlahan dari semua energi yang hilang akibat hambatan di dalam sel, termasuk impedansi listrik yang melalui elektroda, kontak dan pengumpul arus, serta impedansi ionik yang melalui elektrolit. Polarisasi ini mengikuti hukum Ohm, yaitu :

$$\eta_{ohm} = i R \quad (14)$$

Sedangkan Polarisasi konsentrasi, menunjukkan energi yang hilang akibat perpindahan massa yang lambat, sehingga arus yang mengalir akan mencapai harga maksimum yang disebut sebagai rapat arus limit, i_l yang proporsional dengan laju perpindahan massa maksimum. Polarisasi ini dirumuskan sebagai:

$$\eta_{conc} = \left(\frac{RT}{nF} \right) \ln \left(1 - \frac{i}{i_l} \right) \quad (15)$$

3. Metodologi

Alat utama yang digunakan dalam “Karakterisasi Sel tunam Oksida Padat” adalah sel tunam (Gambar 2). yang terdiri dari komponen

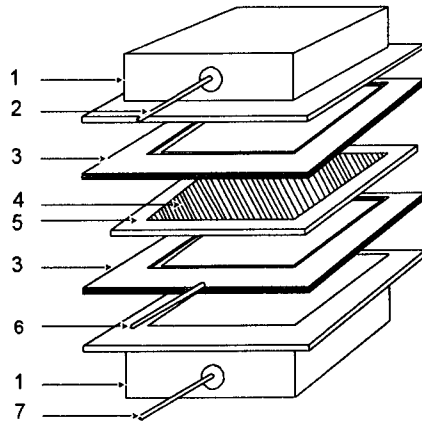
Tabel 1. Komponen Utama

Bagian	Keterangan
a. Anoda	terbuat dari Nikel Oksida/ <i>yttria stabilized zirconia</i> (NiO/8YSZ), berpori, tebal 400-600 μm
b. Katoda	terbuat dari <i>Lanthanum Strontium Manganat</i> (LSM), tebal 40-60 μm
c. Elektrolit	terbuat dari <i>yttria stabilized zirconia</i> (YSZ), tebal 5-10 μm , densitas >97%

Tabel 2. Komponen Pendukung

Bagian	Keterangan
a. Cangkang	terbuat dari baja tahan karat tipe AISI 304, juga berfungsi untuk menyalurkan gas umpan
b. Asbes penyangga	juga berfungsi sebagai isolator
c. Semen tahan api	tipe C-12 <i>high alumina</i> untuk mencegah kebocoran pada jalur gas bahan bakar dan oksidan di dalam sel.

utama yang berupa SOFC tipe ASCI buatan InDEC B.V.- Netherland dan komponen pendukung. Bagian-bagian dalam komponen utama dan pendukung dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

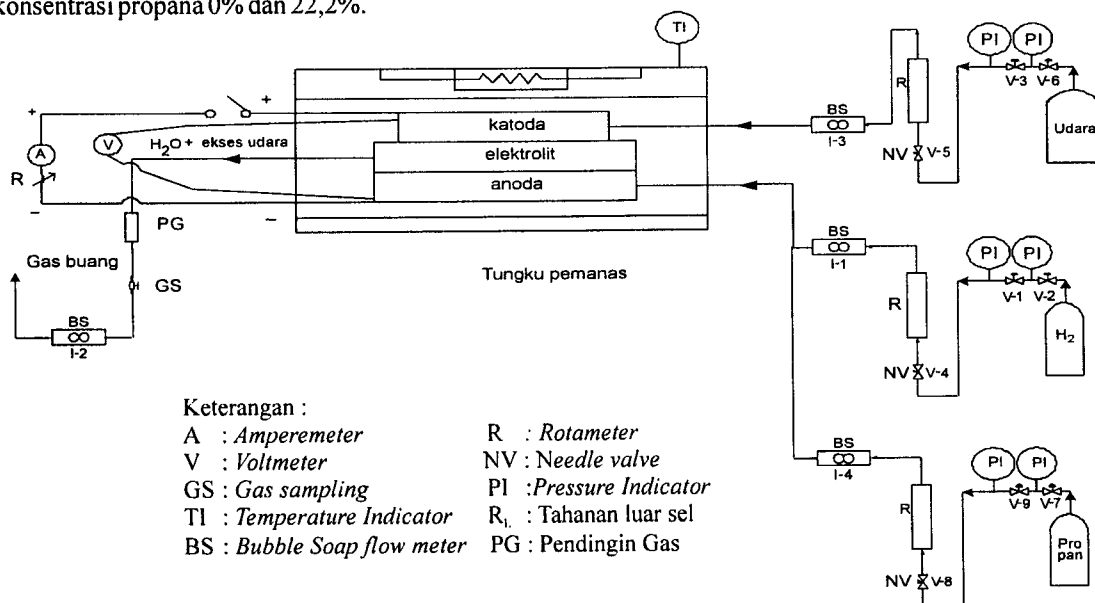


Keterangan Gambar :

1. Cangkang Sel
2. Pipa aliran gas umpan udara
3. Asbes Penyangga
4. Katoda
5. Elektrolit
6. Pipa aliran gas keluar
7. Pipa aliran gas umpan H₂

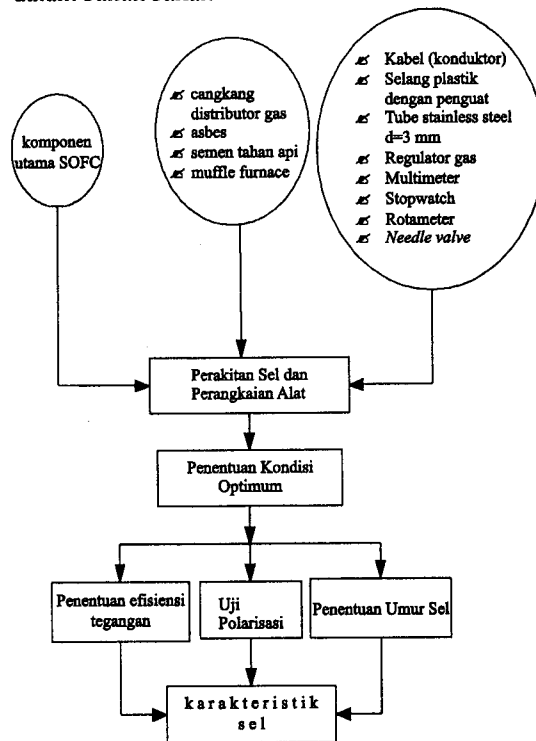
Gambar 2. Rangkaian SOFC dalam Keadaan Terurai

Dalam operasinya, sel tunam dilengkapi dengan tabung-tabung gas, perpipaan, tungku pemanas, dan alat-alat ukur. Rangkaian peralatan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3. Bahan bakar yang digunakan adalah hidrogen dengan konsentrasi propana 0% dan 22,2%.



Gambar 3. Rangkaian Alat Percobaan dengan Bahan Bakar Hidrogen-propan dan Oksidan Udara

Rancangan percobaan pengaruh penambahan propana dalam bahan bakar terhadap karakteristik sel tunam oksida padat yang dilakukan dirangkum pada Gambar 4. Kondisi operasi SOFC ditentukan oleh variabel tegangan yang dihasilkan. Tegangan ini dipengaruhi oleh temperatur, laju alir, dan konsentrasi gas propana dalam bahan bakar.



Gambar 4. Rancangan Percobaan

Penentuan kondisi operasi yang dapat memberikan unjuk kerja terbaik SOFC dilakukan melalui pengukuran tegangan yang dihasilkan sel pada beberapa variasi temperatur, laju alir dan konsentrasi gas propana sebagai pengotor dalam bahan bakar.

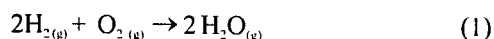
Umur operasi sel dinyatakan sebagai jangka waktu sejak sel menghasilkan tegangan hingga tidak lagi menghasilkan tegangan atau $V=0$. Umur operasi SOFC diperkirakan dengan analisis perubahan tegangan kerja sel yang dioperasikan pada kondisi optimum terhadap waktu.

Polarisasi sel tunam diamati dengan mengukur perubahan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan sel, bila pada sel tersebut dipasang hambatan luar (R_L) yang besarnya divariasikan. Pengamatan polarisasi sel ini dilakukan untuk mengetahui tahap pengendali laju reaksi yang terjadi dalam sistem sel tunam. Efisiensi tegangan sel diperoleh dengan membandingkan tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh sel dan tegangan yang dapat dihasilkan oleh sel pada kondisi operasi.

4. Hasil dan Pembahasan

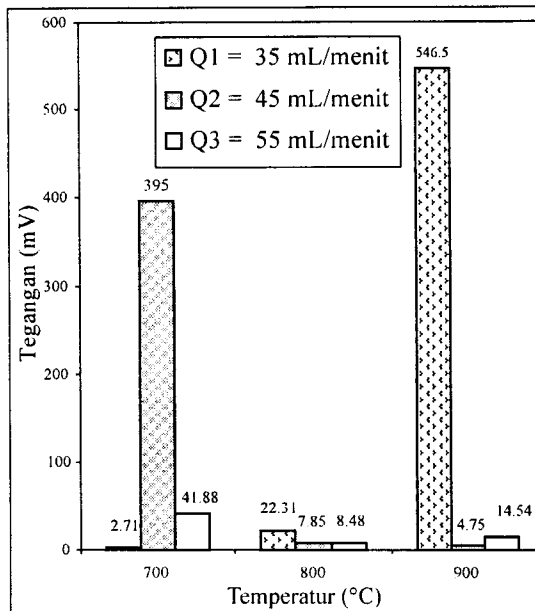
Untuk menentukan kondisi operasi yang optimal di sel tunam oksida padat, telah dilakukan pengukuran tegangan SOFC tipe ASCI dengan tiga harga laju alir hidrogen umpan yaitu 35, 45, dan 55 mL/menit, masing-masing divariasikan pada tiga temperatur yaitu 700, 800, dan 900°C. Hasil pengukuran tegangan pada setiap kondisi operasi disajikan pada Gambar 5.

Gambar 5 memperlihatkan pada laju alir hidrogen 45 mL/menit, SOFC dapat menghasilkan tegangan yang cukup tinggi (395 mV) pada temperatur 700°C, tetapi tegangan yang dihasilkan pada temperatur yang lebih tinggi (800 dan 900°C) menjadi sangat rendah. Fenomena ini sesuai dengan persamaan (9) yang menyatakan bahwa kenaikan temperatur akan menyebabkan penurunan tegangan sel bila perubahan entropi pada reaksi yang bersangkutan berharga negatif, seperti pada reaksi berikut



Dengan laju alir hidrogen yang sama tetapi pada temperatur lebih rendah (700 dan 800°C), tegangan sel yang dihasilkan kurang signifikan. Dari data tersebut tampak bahwa pada laju alir umpan bahan bakar yang sama, kenaikan temperatur menyebabkan kenaikan tegangan SOFC. Hal ini dimungkinkan oleh peningkatan difusi gas yang dapat menyebabkan peningkatan

laju reaksi dan pengurangan polarisasi konsentrasi. Disamping itu, kenaikan temperatur juga meningkatkan konduktivitas elektrolit SOFC, sehingga polarisasi *ohmic* akan berkurang. Dengan adanya pengurangan polarisasi *ohmic* dan polarisasi konsentrasi maka tegangan yang dihasilkan sel akan naik.



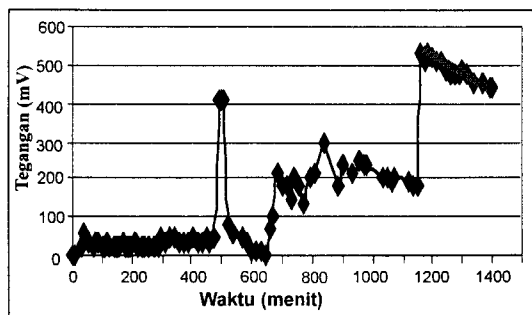
Gambar 5. Hubungan antara Temperatur, °C dengan Potensial Sel (E), mV pada Berbagai Laju Alir H_2 , mL/menit dengan Rasio H_2 : udara = 1:51

Dengan laju alir hidrogen yang lebih besar (55 mL/menit), tegangan sel yang dihasilkan pada temperatur 700°C (41,88 mV) lebih rendah daripada tegangan dengan laju alir hidrogen 45 mL/menit tetapi lebih tinggi daripada tegangan dengan laju alir hidrogen 35 mL/menit. Kenaikan temperatur menjadi 800 dan 900°C dengan laju alir hidrogen yang sama (55 mL/menit) cenderung menurunkan tegangan sel. Data pada Gambar 5 juga menunjukkan bahwa pada temperatur yang sama, laju alir hidrogen tidak menunjukkan pengaruh yang konsisten terhadap tegangan yang dihasilkan sel.

Kondisi optimum operasi SOFC ditetapkan pada temperatur 700°C, tekanan 1 atmosfer, laju alir hidrogen 45 mL/menit dan laju alir udara 225 mL/menit, dengan pertimbangan bahwa tegangan yang dihasilkan pada kondisi ini cukup tinggi, tetapi resiko korosi komponen pendukung SOFC tidak besar. Jadi, walaupun tegangan sel yang diperoleh pada temperatur 900°C, tekanan atmosferik, laju alir hidrogen 35 mL/menit dan laju alir udara 175 mL/menit, lebih tinggi lagi, tetapi karena pada kondisi tersebut *stainless steel*

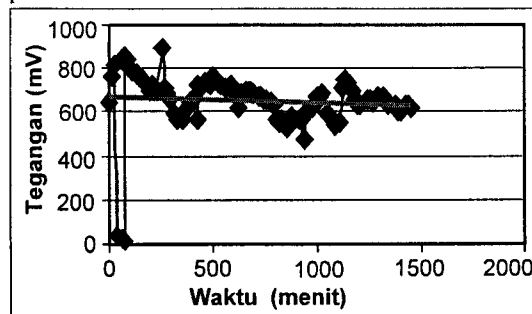
rawan korosi temperatur tinggi, maka kondisi ini tidak dipilih untuk pengujian karakteristik SOFC lebih lanjut.

Pengukuran tegangan sel tunam terhadap waktu untuk memperkirakan umur sel tunam dengan bahan bakar hidrogen yang dilakukan pada kondisi operasi optimum serta sel dioperasikan secara kontinyu selama 24 jam, disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva Perkiraan Umur Sel Tunam dengan Bahan Bakar

Perkiraan umur sel dimulai dari menit ke-1156. Dengan menggunakan linearisasi, umur sel diperkirakan dapat mencapai 42 jam 36 menit. Percobaan penentuan umur sel untuk bahan bakar dengan konsentrasi propana 22,2 % dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



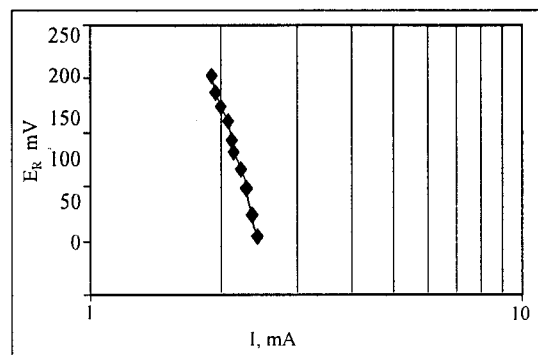
Gambar 7. Kurva Perkiraan Umur Sel Tunam dengan Konsentrasi Propana dalam Bahan Bakar 22,2 %-V

Percobaan dilakukan menggunakan campuran hidrogen-propana sebagai bahan bakar dengan konsentrasi propana 22,2 %-v. Berdasarkan Gambar 7, penurunan tegangan sel diperkirakan sebesar 0,0263 mV/menit. Dengan menggunakan asumsi bahwa sel dianggap mati saat tegangannya mencapai nol, maka umur SOFC tersebut diperkirakan dapat mencapai 422 jam.

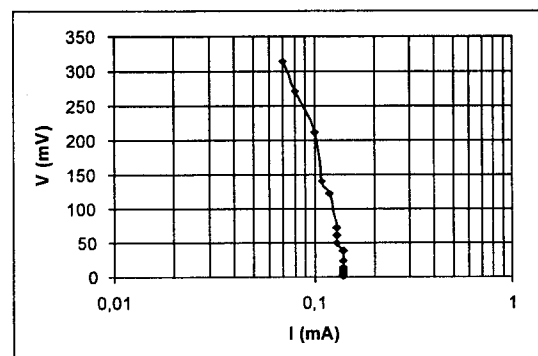
Perkiraan umur sel dengan penambahan propana dalam bahan bakar jauh lebih panjang bila dibandingkan menggunakan bahan bakar hidrogen. Perbedaan tersebut disebabkan oleh penurunan tegangan terhadap waktu reaksi

menggunakan propana lebih lambat. Dengan adanya propana, reaksi *cracking* yang menghasilkan gas H_2 dapat terjadi. Penambahan gas hidrogen tersebut menyebabkan penambahan jumlah hidrogen. Berdasarkan persamaan Nernst, perubahan tegangan sel sebanding dengan konsentrasi hidrogen dalam bahan bakar sehingga penurunan tegangan terhadap waktu pada reaksi dengan menggunakan propana lebih kecil.

Perubahan harga tegangan dan arus yang dihasilkan sel bahan bakar akibat variasi R_i digambarkan sebagai kurva hubungan E_R dan $\log|I|$ yang ditampilkan pada Gambar 8 dan 9. Dari kedua kurva tersebut terlihat bahwa arus maksimum yang diperoleh apabila menggunakan campuran hidrogen-propana lebih kecil daripada bahan bakar hidrogen. Hal ini disebabkan karena laju perpindahan massa propana lebih lambat daripada hidrogen.



Gambar 8. Hubungan antara E_R dan $\log|I|$ Apabila Menggunakan Bahan Bakar Hidrogen



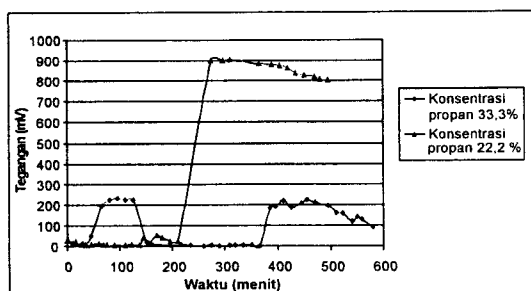
Gambar 9 Hubungan antara E_R dan $\log|I|$ Apabila Menggunakan Propana dalam Bahan Bakar dengan Konsentrasi 22,2%-v

Bentuk kedua kurva menggambarkan daerah polarisasi konsentrasi dengan harga arus mendekati maksimum dan tidak berubah dengan perubahan potensial, atau arus limit. Daerah polarisasi konsentrasi menunjukkan bahwa laju

reaksi elektrokimia dalam sel telah mencapai harga maksimum dan terkendali oleh perpindahan massa.

Hasil pengukuran yang tidak menampilkan daerah polarisasi *ohmic* maupun polarisasi aktivasi, menunjukkan bahwa hambatan perpindahan massa reaktan dalam sel tunam jauh lebih besar daripada hambatan listrik komponen sel maupun hambatan kinetika. Hal ini sesuai dengan dugaan adanya penyumbatan lubang-lubang distribusi gas oleh produk korosi cangkang sel yang terbuat dari *stainless steel*, yang juga menyebabkan pendeknya umur sel.

Hasil pengukuran tegangan terhadap waktu dengan variasi konsentrasi propana dalam bahan bakar hidrogen disajikan pada Gambar 10. Pada Gambar 10 terlihat bahwa potensial sel tertinggi jika menggunakan konsentrasi propana 33,3 %-v dan 22,2 %-v, secara berurutan adalah 231 mV dan 903 mV.



Gambar 10. Kurva Tegangan terhadap Waktu Operasi Sel Tunam dengan Menggunakan Bahan Bakar Campuran Hidrogen-propana

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan gas propana dalam hidrogen umpan SOFC dapat menurunkan tegangan yang dihasilkan sel. Pada konsentrasi propana 22,2%-v, pengaruh tersebut tidak signifikan. Namun pada konsentrasi propana 33,3%-v, tegangan sel yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Gas propana bereaksi lebih lambat daripada gas hidrogen di permukaan anoda. Di samping itu, dengan adanya gas propana maka dapat terjadi reaksi reformasi yang memanfaatkan logam Ni pada anoda sebagai katalis. Karena kedua hal tersebut, tegangan sel yang dihasilkan menurun.

Penurunan tegangan sel kemungkinan juga ditimbulkan oleh adanya *fouling*, karena pada kondisi operasi sel tunam, propana dapat mengalami *cracking* menghasilkan karbon yang menutupi permukaan elektroda. Berkurangnya luas permukaan tersebut menyebabkan reaksi terhambat. Hal tersebut menyebabkan polarisasi

ohmic sel bertambah. Namun dengan adanya penambahan jumlah hidrogen dari hasil *cracking* propana potensial sel yang dihasilkan juga dapat bertambah (persamaan Nernst).

Tegangan nyata yang dihasilkan sel ditentukan berdasarkan tegangan rata-rata yang dihasilkan sel setelah sel mencapai keadaan stabil. Efisiensi tegangan sel tunam dengan bahan bakar hidrogen dan penambahan propana dalam bahan bakar dengan konsentrasi 22,2%-v secara berurutan adalah 38,4% dan 83,4 %. Hal ini sesuai dengan persamaan Ohm: $V=IR$, yang menyatakan bahwa apabila besarnya hambatan sel yang digunakan adalah sama, maka semakin kecil rapat arus limit, potensial sel yang dihasilkan semakin besar. Sehingga efisiensi tegangan yang diperoleh juga semakin besar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sel tunam bekerja dengan baik pada kondisi operasi 700 °C dan konsentrasi gas propana dalam bahan bakar 22,2%-v. Efisiensi yang diperoleh dari percobaan ini belum memperhitungkan energi yang digunakan tungku pemanas.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengukuran tegangan menggunakan SOFC tipe ASCI dengan resiko korosi yang rendah diperoleh pada kondisi operasi temperatur 700°C dengan laju alir H_2 umpan 45 mL/menit dan laju alir udara 225 mL/menit. Penambahan propana dalam gas umpan dengan konsentrasi sebesar 22,2%-v tidak mempengaruhi tegangan sel.

Pengukuran umur sel dengan campuran bahan bakar hidrogen - propana 22,2%-v lebih panjang daripada umur sel dengan bahan bakar hidrogen saja. Begitu juga efisiensi tegangan SOFC yang diuji dengan konsentrasi propana 22,2%-v dalam bahan bakar lebih besar daripada menggunakan bahan bakar hidrogen saja.

Besarnya arus maksimum yang dihasilkan apabila menggunakan campuran hidrogen-propana lebih kecil daripada hanya menggunakan hidrogen saja. Kurva polarisasi hanya menunjukkan daerah polarisasi konsentrasi yang menggambarkan bahwa laju reaksi terkendali oleh perpindahan massa.

Ucapan Terima Kasih

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri ITB yang telah memberikan bantuan sebagian pendanaan untuk penelitian ini.