

Rancangan *Alkaline Fuel Cell* Sederhana dengan Menggunakan *Stainless Steel* sebagai Elektrodanya

I Made Suardamana¹⁾, Made Sucipta^{1)*}, I Ketut Gede Sugita¹⁾, Made Suarda¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

* E-mail: m.sucipta@gmail.com

Abstrak

Penggunaan *stainless steel* sebagai material elektroda pada *alkaline fuel cell* telah diteliti. Ada beberapa tipe/seri *stainless steel* yang mudah didapatkan di pasaran, yaitu seri 430 dan seri 304. Pada penelitian ini telah dikaji penggunaan kedua seri pelat *stainless steel* tersebut bila digunakan sebagai elektroda dengan disusun secara seri pada rangkaian pengujianya. Rangkaian seri tersebut dirancang untuk penggunaan 1 pasang, 2 pasang dan 3 pasang elektroda. Selama pengujian, untuk melihat pengaruhnya tersebut, konsentrasi KOH yang digunakan sebagai elektrolit juga divariasikan dari konsentrasi 10% sampai 70% berbasis massa. Dimensi efektif elektroda yang digunakan adalah sebesar 90 mm x 200 mm, dengan jarak antar anoda dan katoda sebesar 10 mm. *Supply* hidrogen dan oksigen dijaga masing-masing pada tekanan 1 bar dan 0,5 bar secara berturut-turut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan perbedaan konsentrasi KOH pada elektrolit akan memberikan suhu operasi yang berbeda. Semakin tinggi konsentrasi KOH semakin tinggi pula suhu elektrolit yang dihasilkan. Performa *alkaline fuel cell* yang lebih baik ditunjukkan bila menggunakan pelat *stainless steel* seri 304 dibandingkan menggunakan pelat *stainless steel* seri 430, dan pada konsentrasi KOH yang paling tinggi dicapai performa yang paling tinggi pula. Penggunaan 3 pasang elektroda yang tersusun seri juga menunjukkan hasil yang terbaik dibandingkan dengan menggunakan 1 atau 2 pasang elektroda, baik itu dari sisi tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Alkaline fuel cell*, *stainless steel*, susunan elektroda, konsentrasi KOH, performa

Abstract

The use of stainless steel as an electrode material in alkaline fuel cells has been investigated. There are several types/series stainless steel that is easily available in the market, namely the 430 series and 304 series. In this studies, the use of the series of stainless steel plates when used as electrodes arranged in series with the circuit testing have examined. Combination of the series is designed to use 1 pair, 2 pairs and 3 pairs of electrodes. During the test, to see the effect, the concentration of KOH used as the electrolyte in this experiment is also varied from 10% to 70% based on mass. Dimensions of effective electrode used in this experiment is equal to 90 mm x 200 mm, the distance between the anode and cathode is kept at 10 mm. Supply of hydrogen and oxygen respectively maintained at a pressure of 1 bar and 0.5 bar respectively. The test results showed that the difference in concentration of KOH electrolyte will give a different operating temperature. The higher concentration of KOH, the higher electrolyte temperature will be generated. Alkaline fuel cell better performance demonstrated when using stainless steel plates 304 series instead of using the stainless steel plate 430 series, and at the highest concentration of KOH, the highest performance is achieved anyway. The use of 3 pairs of electrodes are arranged series also showed the best results compared to using 1 or 2 pairs of electrodes, both in terms of voltage, current and power output.

Keyword: Alkaline fuel cell, stainless steel, electrode composition, KOH concentration, performance

1. PENDAHULUAN

Pengembangan *fuel cell* sebagai alat konversi energi belum mencapai target pemasaran yang luas. Pada banyak kasus, pengembangannya masih banyak hanya pada taraf penelitian laboratorium atau masih pada tahap demonstrasi unit. Akan tetapi penelitian tentang *fuel cell* terus berlanjut, karena performa *fuel cell* yang menjanjikan seperti efisiensi yang tinggi, ramah lingkungan dan berkelanjutan, dapat diaplikasikan sebagai pembangkit energi listrik pada aplikasi yang diam atau bergerak. *Alkaline fuel cell* merupakan teknologi *fuel cell* pertama berkembang bahkan sampai digunakan pada pesawat Apollo, namun beberapa dekade mulai ditinggalkan peneliti karena material elektroda yang mahal

* Penulis korespondensi, HP: 08133869996
Email: m.sucipta@gmail.com

membuat aplikasi alat konversi energi ini menjadi semakin mahal. Pada dekade terakhir ini, pengembangan *alkaline fuel cell* ini mulai diteliti lagi dengan menggunakan elektroda yang lebih murah, disamping perbaikan desain, perlakuan material elektroda dan proses sistemnya. *Fuel cell* merupakan alat pengkonversi energi dimana energi yang diperoleh berasal dari proses elektrokimia yang mengubah reaksi energi kimia menjadi energi listrik [1]. Untuk hal tersebut, *fuel cell* menggunakan elektrolit sebagai media transfer elektron dan elektroda sebagai media yang melepas dan menyerap elektron. Dalam prosesnya elektrolit tersebut di pisahkan antara unsur Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) sehingga pada elektroda terjadi proses pelepasan dan penyerapan elektron akibat pelepasan hidrogen oksigen pada elektrolit. Aplikasi AFC pada awalnya menggunakan pelat platina sebagai elektroda dan kalium hidroksida (KOH) sebagai elektrolit. Penggunaan pelat platina dalam pembuatan AFC menjadikan alat ini sangat mahal.

Bagi Negara yang sedang berkembang seperti di Indonesia, penggunaan material sisa masih menjadi pilihan pemanfaatan yang memiliki daya guna yang lebih tinggi, meskipun efisiensi atau performanya lebih rendah, akan tetapi faktor ekonomi tetap menjadi parameter yang penting dalam penggunaan konsumsi energi. Untuk hal itu, banyak penelitian-penelitian teknologi lebih diarahkan ke *technology tepat guna* dengan memanfaatkan sumber daya yang ada disekitar lingkungan masyarakat setempat.

Salah satu penelitian untuk menjawab kebutuhan masyarakat tersebut adalah dengan telah dikembangkannya desain *alkaline fuel cell* dengan menggunakan pelat *stainless steel* yang digunakan sebagai elektroda. *Stainless* yang digunakan adalah yang ada dijual dipasaran sehingga mudah didapat dan mudah dan murah diaplikasikan nantinya. Penelitian awal tentang *stainless steel* ini telah menunjukkan hasil yang tidak bersifat tidak bereaksi dibandingkan dengan menggunakan seng atau aluminium bila terkena cairan KOH. KOH ini biasanya digunakan sebagai elektrolit di banyak aplikasi *alkaline fuel cell*. Disamping itu pula, *stainless steel* juga menunjukkan bahwa tegangan listrik yang dihasilkan paling baik dibandingkan material lainnya tersebut [2].

Akan tetapi ada beberapa tipe/jenis *stainless steel* yang mempunyai karakter material yang berbeda yang tentunya akan sangat mempengaruhi performansi AFC itu sendiri disamping faktor konsentrasi elektrolit yang digunakan. Penelitian lain mengatakan bahwa luasan permukaan yang mengalami reaksi kimia mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan AFC [3]. Untuk mencapai tegangan listrik yang diinginkan banyak sel bahan bakar harus dihubungkan satu dengan lainnya secara seri [4]. Listrik yang dihasilkan oleh *fuel cell* dihasilkan berdasarkan dari ukuran area reaksi dimana reaktan (H_2 dan O_2), elektroda dan elektrolit bertemu. Untuk menghasilkan permukaan reaksi yang besar biasanya dilakukan dengan memaksimalkan antara permukaan dengan volume *fuel cell*, dimana biasanya *fuel cell* dibuat kurus, terdiri dari struktur planar [3].

Maka, berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan tersebut di atas telah dilakukan penelitian dengan menggunakan dua tipe material pelat *stainless steel*, yaitu seri 304 dan 430 untuk mengetahui pengaruh penggunaan pelat *stainless steel* terhadap performa *alkaline fuel cell* pada berbagai konsentrasi larutan elektrolit.

Dasar Teori

Pada prinsipnya *fuel cell* bekerja sebagai kebalikan dari proses elektrolisis. Prinsip kerja ini berlandaskan reaksi kimia, yaitu pada penggabungan hidrogen dan oksigen, terjadi air dan energi. Dalam hal ini, energi listrik atau:

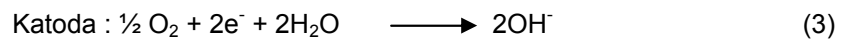
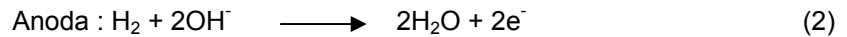


Pada Gambar 1 menunjukkan prinsip kerja sebuah *fuel cell*. Sel tersebut terdiri atas sebuah tangki. Dalam tangki itu ada dua dinding, berupa elektroda. Satu dinding bekerja sebagai elektroda bahan bakar (anoda), dan sebuah dinding lainnya berfungsi sebagai elektroda oksigen (katoda). Di tengah kedua dinding tersebut terdapat elektrolit, yaitu air dicampur asam. Bahan bakar berupa hidrogen H_2 memasuki *fuel cell*, dan ditampung dalam ruangan sebelah kiri dinding *fuel cell*. Sedangkan oksigen O_2 memasuki *fuel cell* dari sebelah kanan dan ditampung dalam ruang sebelah kanan elektroda. Kedua elektroda dihubungkan pada jaringan listrik melalui inverter. Diatur bahwa elektroda bahan bakar disambung pada sisi negatif, sedangkan elektroda udara pada sisi positif jaringan.

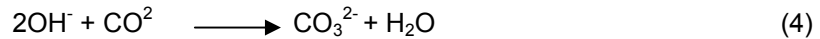
Dibandingkan baterai, *fuel cell* menghasilkan skala daya dan kapasitas yang dapat kita sesuaikan. Hal ini dapat dilakukan karena *fuel cell* memiliki kerapatan energi potensial yang tinggi dibandingkan baterai dan dengan cepat terisi kembali dengan bahan bakar. Sedangkan baterai yang harus dibuang ataupun diisi ulang dengan memerlukan waktu yang lama [3].

Kinerja dari AFC pada penggunaan hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) termasuk sangat baik dibandingkan dengan bahan bakar sel kandidat lain karena O_2 aktif pada kinetika elektroda dan

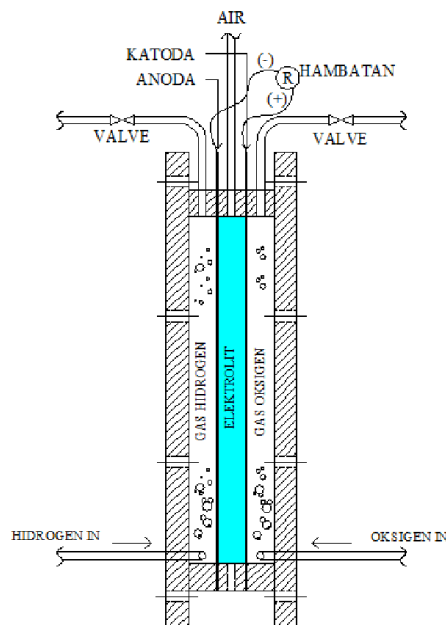
fleksibel untuk digunakan pada berbagai *electrocatalysts*. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada sisi anoda dan katoda dari *alkaline fuel cell*:



Pada *alkaline fuel cell* tidak mentolerir adanya karbon dioksida, sehingga disarankan untuk menggunakan hidrogen dan oksigen murni sebagai bahan bakar dan oksidannya [3]. Keberadaan karbon dioksida dalam *alkaline fuel cell* menurunkan elektrolit KOH menjadi:



Lama kelamaan, konsentrasi OH^- dalam elektrolit akan menurun. Ditambah, K_2CO_3 akan mengendap di luar elektrolit dan menyebabkan masalah yang signifikan.



Gambar 1 Prinsip kerja *fuel cell*

Molekul-molekul larutan elektrolit pada *alkaline fuel cell* dapat terurai menjadi ion-ion sehingga dapat berupa asam, basa dan garam. Elektrolit yang biasa digunakan pada AFC adalah larutan kalium hidroksida (KOH). KOH memiliki konduktivitas *ionic* tertinggi dibandingkan komponen hidroksida yang lainnya. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai mobilitas untuk *ion K⁺* dibandingkan kation lainnya yaitu Na^+ atau Li^+ . Pada *alkaline fuel cell* (AFC) larutan KOH yang digunakan memiliki konsentrasi antara 30% sampai dengan 65% [3].

Pada pembuatan *fuel cell*, elektroda yang digunakan harus memiliki pori-pori yang memungkinkan terjadinya reaksi pada permukaan area reaksi dan memiliki akses gas yang baik. Pada struktur planar terdiri dari elektroda anoda dimana bagian yang diisi oleh bahan bakar (H_2), dan elektroda katoda yang berisi oksidan (O_2). Untuk *fuel cell* pada sisi anoda terjadi *Hydrogen Oxidation Reaction* (HOR) dan pada sisi katoda terjadi *Oxygen Reduction Reaction* (ORR) [3].

Stainless steel dapat digunakan sebagai elektroda *fuel cell*. *Stainless steel* termasuk kedalam paduan kromium-besi yang diketahui dari ketahanan terhadap korosi. Kemampuan untuk mencegah korosi ini adalah dikarena permukaan lapisan kromium oksida yang terbentuk dengan adanya oksigen. Kebanyakan dari *stainless steel* juga tahan terhadap atmosfer laut, air tawar, oksidasi pada suhu tinggi dan oksidasi kimia ringan. Beberapa media juga tahan terhadap air garam dan pengikisan. Mereka juga sangat tahan panas, beberapa dapat bertahan pada suhu tinggi [5].

Pada *fuel cell* terjadi reaksi kimia dalam suatu cara tertentu sehingga menyebabkan elektron mengalir pada suatu rangkaian listrik. Secara teori reaksi ini terjadi secara *isothermal* dan *reversible*. Pada keadaan tenang dan proses aliran yang tenang serta temperatur yang sama dengan ruangan yaitu 25°C (298 K), kerja maksimum, W_{rev} , dapat dinyatakan dengan persamaan Gibbs:

$$W_{rev} = G2 - G1 \quad (5)$$

Tegangan yang dapat diukur pada sel ini, V , merupakan hasil perkalian antara arus listrik, I , dan hambatan rangkaian, R .

$$V = I \cdot R \quad (6)$$

Sedangkan daya, P , merupakan hasil kali arus yang dihasilkan dengan tegangan yang ada yaitu:

$$P = V \cdot I \quad (7)$$

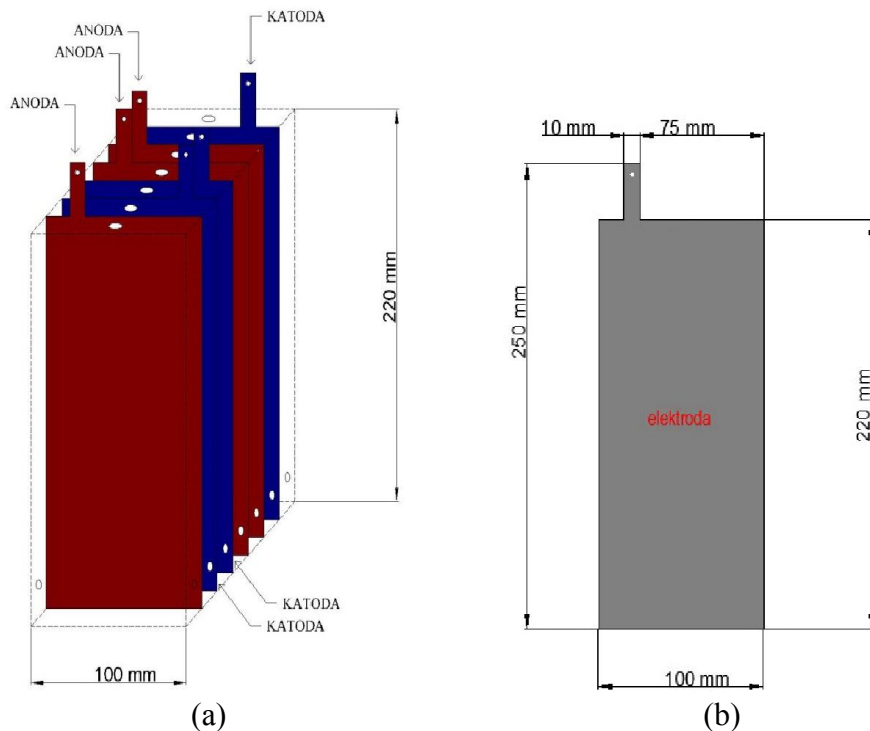
Untuk efisiensi, η , dihitung dari perbandingan daya yang dihasilkan dan kerja maksimum yang mungkin dapat diperoleh secara teoritis, yaitu:

$$\eta = \frac{W_{rev}}{P} \quad (8)$$

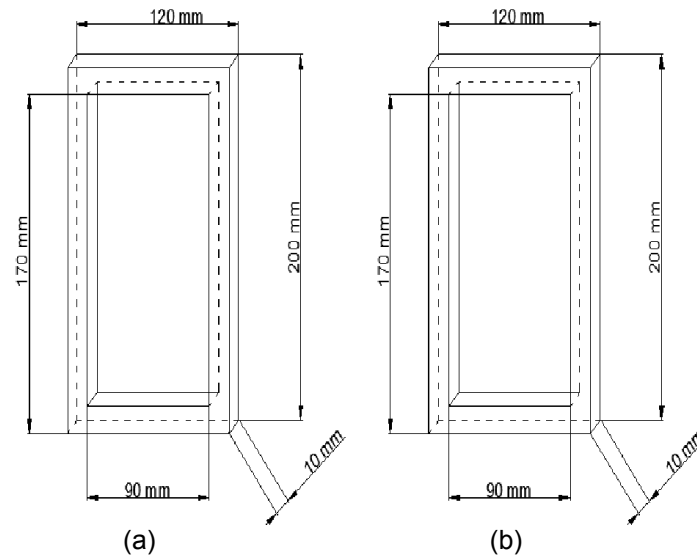
2. METODE

Pada awal penelitian ini telah dirancang alat *alkaline fuel cell* dengan menggunakan tiga pasang katoda-anoda yang tersusun seri, dengan ukuran pelat *stainless steel* efektif yang digunakan adalah sebesar 40 mm x 70 mm, sedangkan tebal pelat adalah sebesar 0,4 mm. Volume elektrolit yang bisa ditampung pada pengujian awal ini adalah 40 mm x 70 mm x 10 mm (jarak antara katoda dan anoda adalah 10 mm). Akan tetapi, karena kurangnya kekuatan pada wadah *fuel cell*, yang terbuat dari *acrylic*, sehingga tekanan yang mampu diberikan pada sisi hidrogen dan oksigen menjadi sangat kecil. Hal ini berdampak pada performansi yang dihasilkan masih sangat rendah [6]

Pada penelitian ini, telah dirancang unit *alkaline fuel cell* dengan luas permukaan elektroda yang lebih luas. Dimana luas efektif elektroda yang dirancang adalah sebesar 90 mm x 200 mm, dengan jarak antar anoda dan katoda tetap sebesar 10 mm, seperti pada pengujian sebelumnya. Penelitian ini masih menekankan pada penggunaan material elektroda yang sederhana dan mudah didapatkan di pasaran. *Stainless steel* yang diuji adalah seri 304 dan 430, dan selama penelitian material anoda dan katoda dibuat sama dari masing-masing seri tersebut. Masing-masing material elektroda disusun menjadi 1 pasang, 2 pasang dan 3 pasang elektroda. Skema rancangan dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan skema wadah *acrylic* yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 2 (a) Skema rancangan *stack AFC* tiga pasang katoda-anoda. (b) Dimensi pelat *stainless steel* yang dipergunakan dalam penelitian.

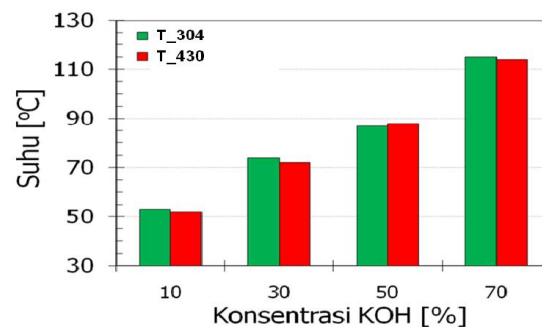


Gambar 3 Skema wadah unit *alkaline fuel cell*, (a) gas, (b) elektrolit

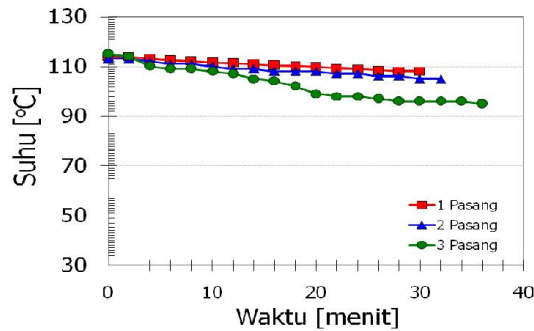
Supply hidrogen dan oksigen pada penelitian ini diatur masing-masing pada tekanan 1 bar dan 0,5 bar. Untuk larutan elektrolit yang telah diuji adalah KOH dengan konsentrasi 10%, 30%, 50% dan 70% pada basis masa, sama seperti pada penelitian sebelumnya [6]. Analisis performansi dilakukan dengan melakukan pengukuran pada temperatur kerja elektrolit, tegangan listrik yang dihasilkan (V) dan kuat arus listrik (I) dari *alkaline fuel cell*. Prosedur untuk memperoleh arus listrik yang dihasilkan adalah dengan memberikan beban hambatan listrik pada saat level tegangan listrik yang dihasilkan sudah mulai konstan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dengan menggunakan konsentrasi elektrolit 10 – 70% diperoleh bahwa suhu awal elektrolit menjadi bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4 Semakin besar konsentrasi elektrolit maka suhu yang dihasilkan juga akan semakin besar. Pada konsentrasi KOH sebesar 10% diperoleh suhu elektrolit sekitar 52 °C, dan pada konsentrasi KOH 70% diperoleh suhu elektrolit sekitar 115 °C. Hal ini berdampak pada tegangan listrik yang dihasilkan, dimana semakin besar suhu elektrolit maka akan dihasilkan tegangan listrik yang semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan apa yang telah dicapai sebelumnya dengan menggunakan dimensi *alkaline fuel cell* yang lebih kecil [6]. Dari suhu awal ini, setelah dimasukkan ke unit AFC, karena tidak menggunakan isolasi pada unitnya, selama operasi terjadi penurunan suhu. Seperti terlihat pada Gambar 4, dengan penambahan jumlah pasang elektroda akan terjadi sedikit penurunan suhu, karena dengan semakin banyak jumlah pasang elektroda akan semakin besar unit AFC yang dibuat, sehingga terjadi perpindahan panas yang sedikit lebih besar. Pada konsentrasi KOH 70% terjadi penurunan suhu dari sekitar 115 °C menjadi sekitar 95 °C. Pada Gambar tersebut hanya ditunjukkan pada kondisi operasi dengan pelat *stainless steel* seri 304, namun sebenarnya hal itu terjadi juga pada kondisi operasi yang menggunakan pelat seri 430.

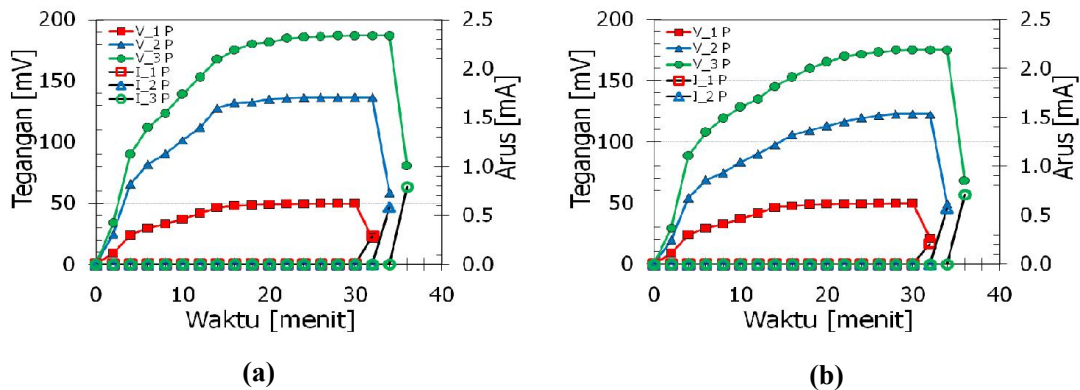


Gambar 4 Suhu elektrolit pada konsentrasi KOH yang digunakan

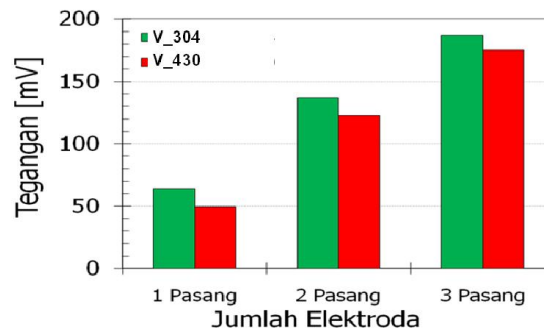


Gambar 5 Perubahan suhu elektrolit selama waktu operasi unit AFC

Kecenderungan perubahan tegangan listrik yang dihasilkan dari mulai awal penelitian sampai diperoleh kestabilan tegangan menunjukkan hasil yang sama seperti pada penelitian sebelumnya [6], namun dengan besaran yang lebih besar. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6 (a) untuk pelat *stainless steel* seri 304 dan pada Gambar 6 (b) untuk seri 430, dengan konsentrasi KOH sebesar 70% pada elektrolit, dan masing-masing untuk 1 pasang, 2 pasang dan 3 pasang elektroda. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan setelah mencapai kestabilan untuk masing-masing jumlah pasang elektroda ditunjukkan pada Gambar 7. Dari gambar tersebut ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pasang elektroda yang digunakan maka akan semakin besar pula tegangan listrik yang dihasilkan, hal ini karena semakin banyak pasangan elektroda yang menghasilkan tegangan listrik. Pada unit AFC dengan material pelat *stainless steel* seri 304, dengan 1 pasang elektroda dihasilkan tegangan listrik sebesar 63,9 mV, untuk 2 pasang elektroda dihasilkan tegangan listrik sebesar 136,5 mV, sedangkan untuk 3 pasang elektroda diperoleh tegangan listrik yang paling besar yaitu sebesar 187,0 mV.



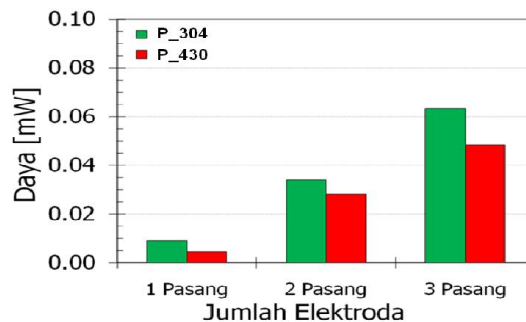
Gambar 6 Perubahan tegangan dan arus listrik yang terjadi selama pengujian untuk 1 pasang (1 P), 2 pasang (2 P) dan 3 pasang (3 P) elektroda: (a) seri 304, (b) seri 430



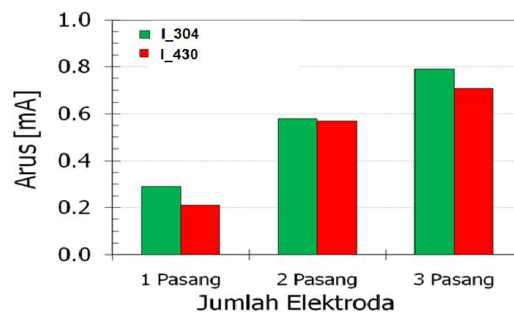
Gambar 7 Tegangan listrik yang dihasilkan saat mencapai kondisi stabil

Seperti ditunjukkan pada Gambar 6 bahwa setelah kondisi unit AFC tersebut tampak mencapai kestabilan pada tegangan yang dihasilkan, maka selanjutnya diberi beban listrik. Tampak bahwa sesaat diberi beban terjadi penurunan tegangan listrik yang dihasilkan, namun pada saat yang bersamaan tampak pula arus listrik yang dihasilkan. Seperti misalnya pada pelat *stainless steel* seri

304 dengan konsentrasi KOH 70%, dari tegangan operasi sebesar 187,0 mV akan turun menjadi 80,2 mV setelah diberi beban, sedangkan untuk pelat stainless steel seri 430 dengan kondisi operasi yang sama terjadi penurunan tegangan listrik dari 175.1 mV menjadi 67,9 mV. Hal ini akan menghasilkan daya listrik dari AFC yang diuji. Seperti tampak pada Gambar 8, terlihat bahwa daya listrik yang dihasilkan pada penggunaan *stainless steel* seri 340 sebagai elektroda akan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan pelat stainless steel seri 430, yaitu untuk konsentrasi KOH 70% pada elektrolit dan dengan 3 pasang elektroda diperoleh daya listrik untuk pelat seri 340 sebesar 0,063 mW sedangkan untuk pelat seri 430 sebesar 0,048 mW pada kondisi yang sama. Hal ini sebagai akibat dari besarnya tegangan listrik dan arus listrik yang dihasilkan pada pelat stainless steel seri 304 lebih besar daripada pelat *stainless steel* seri 430. Untuk pelat *stainless steel* seri 304, arus listrik yang bisa dicapai adalah sebesar 0,79 mA sedangkan untuk pelat *stainless steel* seri 430, arus listrik yang dapat dihasilkan hanya mencapai 0,71 mA, seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Pengaruh dari jumlah elektroda yang digunakan juga menunjukkan kecenderungan yang sama dengan tegangan listrik dan arus yang dihasilkan. Dimana semakin banyak jumlah pasang elektroda yang digunakan maka akan diperoleh pula daya listrik yang semakin besar.



Gambar 8 Daya listrik yang dihasilkan selama pengujian



Gambar 9 Arus listrik yang dihasilkan sesaat setelah unit AFC diberi beban

5. SIMPULAN

Pada penelitian alkaline fuel cell ini, dengan menggunakan pelat stainless steel sebagai material elektroda, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu :

- Untuk seri pelat stainless steel yang berbeda akan menghasilkan karakteristik performa yang berbeda, dimana untuk pelat *stainless steel* seri 304 mampu memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan seri 430.
- Peningkatan jumlah pasang elektroda yang digunakan juga memberikan performa yang semakin meningkat. Dengan 3 pasang elektroda mampu memberikan hasil yang terbaik pada penelitian ini, dibandingkan dengan jumlah pasang elektroda yang lebih sedikit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini telah didanai oleh LPPM Universitas Udayana melalui skema penelitian hibah desentralisasi, yaitu Penelitian Hibah Bersaing tahun 2014, dengan nomer kontrak: 104.45/UN14.2/PNL.01.03.00/2014, untuk itu kami ucapkan banyak terima kasih atas dukungan hibah pendanaan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] EG&G Technical Services, Inc, *Fuel Cell Handbook*. Sixth Edition. U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy National Energy Technology Laboratory, West Virginia, 2002.
- [2] Bagas S, Alda, Rancang Bangun Alkaline Fuel Cell (AFC) Dengan Elektroda Stainless Steel, Alumunium, Besi, Dan Seng. *Tugas Akhir*, ITS, Surabaya, 2010.
- [3] O'Hayre, Ryan, et al, *Fuel Cell Fundamentals*. Second Edition. John wiley & Son's, New York, 2009.
- [4] Larminie, James & Dick, Andrew, *Fuel Cell Systems Explained*. Second Edition. John wiley & Son's ltd, England, 2003.
- [5] Brady, George S, et all, *Materials Hand Book*. Fifteenth Edition. Mc Graw-Hill, New York, 2002.
- [6] Sucipta, Made, et al, *Pengaruh Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) Pada Elektrolit Terhadap Performa Alkaline Fuel Cell*, Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri VIII (SNMI VIII), Jakarta, 2013.