



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**

ISSN : 1693-4393

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA “KEJUANGAN” 2014

*Pengembangan Teknologi Kimia untuk
Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia
Yogyakarta, 5 Maret 2014*



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UPN “VETERAN” YOGYAKARTA**



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2014**

*Pengembangan Teknologi Kimia untuk
Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia
Yogyakarta, 5 Maret 2014*

Hak Cipta ada pada Program Studi Teknik Kimia

Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta (55283)

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh buku ini atau diperbanyak dengan tujuan komersial dalam bentuk apapun tanpa seijin Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta, kecuali untuk keperluan penulisan artikel atau karangan ilmiah dengan menyebutkan buku ini sebagai sumber.

Cetakan I : Maret 2014

ISSN 1693-4393





Reviewer

Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2014

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

1. Prof. Ir. H. Wahyudi Budi Sediawan, SU, Ph.D (UGM Yogyakarta)
2. Ir. Moh. Fahrurrozi, M.Sc., Ph.D (UGM Yogyakarta)
3. Dr. Ir. I Gusti S. Budiawan, MT (UPN "Veteran" Yogyakarta)
4. Dr. Ir. Tjukup Marnoto, MT (UPN "Veteran" Yogyakarta)
5. Dr. Ir. Mahreni, MT (UPN "Veteran" Yogyakarta)



Panitia Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2014 Prodi Teknik Kimia FTI UPN "Veteran" Yogyakarta

Penanggung Jawab	: Dekan Fakultas Teknologi Industri
Panitia Pengarah	: 1. Ketua Prodi Teknik Kimia 2. Sekretaris Prodi Teknik Kimia 3. Prof. Dr .Ir. Supranto, SU 4. Prof. Ir.Wahyudi Budi Sediawan, SU, PhD 5. Ir. Moh.Fahrurrozi, MSc, PhD 6. Dr. Ir.I Gusti S Budiaman, MT 7. Dr. Ir.Tjukup Marnoto, MT 8. Dr. Ir. Mahreni, MT
Panitia Pelaksana	
Ketua	: Dr. Adi Ilcham, ST, MT Dr. Ir. Ramli Sitanggang, MT
Sekretaris	: Siti Dyar Kholisoh, ST, MT Ir.Tunjung Wahyu Widayati, MT
Bendahara	: Ir. Purwo Subagyo MT Dra. Suci Astutiningsih
Sie Acara dan Persidangan	: Ir. Endang Sulistyawati, MT Ir. Danang jaya, MT Ir. Harsa Pawignya, MT
Sie Materi dan Prosiding	: Siswanti, ST, MT Dra. Sri Wahyu Murni, MT
Sie Dana dan Promosi	: Ir. Sri Sukadarti, MT Dr.Y.Dedy Hermawan, ST, MT Ir.Widayati, MT, Ph.D
Sie Publikasi & Dokumentasi	: Ir. Zubaidi Achmad, MT Ir. Sri Wahyuni Santi, SR MT Ir. Ketut Subawa, MT
Sie Perlengkapan dan Dekorasi	: Ir. Wasir Nuri, MT Ir. Gogot Haryono, MT Dr. Ir. M. Syahri, MT
Sie Konsumsi	: Ir. Faizah Hadi, MT Ir. Dyah Tri Retno, MM Ir. Sri Sudarmi, MT





Daftar Isi

	Hal.
Kata Pengantar	iii
Sambutan Ketua Pelaksana	iv
Sambutan Rektor	v
Sambutan Plt. Dekan	vi
Reviewer	vii
Susunan Panitia	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Makalah	x
Makalah Pembicara Utama	MU1-1
Makalah Bidang Kajian :	
A. Perpindahan Massa dan Panas	A1-1
B. Termodinamika	B1-1
C. Teknologi dan Pengendalian Proses	C1-1
D. Kinetika Reaksi dan Katalisis	D1-1
E. Bioteknologi	E1-1
F. Optimasi Teknologi Pemisahan	F1-1
G. Teknologi Partikel	G1-1
H. Teknologi Pengolahan Limbah	H1-1
I. Energi Baru dan Terbarukan	I1-1
J. Teknik Produk	J1-1
K. Teknologi Pengolahan Mineral	K1-1
Indeks Penulis Makalah	
Indeks Kata Kunci	



Daftar Makalah

Makalah Pembicara Utama

- | Kode | Judul, Penulis dan Alamat |
|------|---|
| MU1 | Kebijakan Peningkatan Nilai Tambah Mineral dan Batubara
<i>Harya Adityawarman</i>
Sekretaris Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara
Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral |
| MU2 | Peranan Chemical Engineer dalam Pengembangan Pabrik Pengolahan Bijih Mineral Sebagai Peluang yang Muncul Akibat Larangan Ekspor Bijih Mineral
<i>Abdul Hadi Avicena</i>
PT. Aneka Tambang Tbk |

Makalah Bidang Kajian :

A. Perpindahan Massa dan Panas

- | Kode | Judul, Penulis dan Alamat |
|------|--|
| A1 | Screening Criteria untuk Pemilihan Metode Enhanced Oil Recovery (EOR) dengan Injeksi Surfactant dan CO₂ pada Lapangan Minyak "M"
<i>Hariyadi¹, Edgie Yuda Kaesti²</i>
^{1&2} Program Studi Teknik Perminyakan, FTM, UPN "Veteran" Yogyakarta
[*] E-mail: haryd_upn@yahoo.com |
| A2 | Pengaruh Zeolit pada Pengering Adsorpsi untuk Produksi Teh HijauKaya Polifenol (Polyphenol Catechin)
<i>Priyono Kusumo¹, Vita Paramita², Mohamad Endy Yulianto², dan Andi Nur Alam Syah³</i>
¹ Jurusan Teknik Kimia UNTAG Semarang
Jl. Pawiyatan Luhur Bendan Dhuwur Semarang 50233
² Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP
Jl. Prof Sudarto SH, Pedalangan Tembalang, Semarang 50239
³ Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan DEPTAN
Jl. Tentara Pelajar No 1 Bogor 16111
E-mail: priyo330@yahoo.com |
| A3 | Seaweed Drying In Tray Dryer : Drying Rate And Time Estimation
<i>D. A. Sari* and M. Djaeni</i>
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50239
Indonesia, Telp/Fax : (024) 7460058
Email : mzaini98@yahoo.com
[*] Master Student on Magister Program of Chemical Engineering
Departement of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University
E-mail : dessy.agustina8@gmail.com |
| A4 | Tinjauan Efisiensi Panas pada Pengeringan Padi dengan Menggunakan Pengering Fluidisasi Berbahan Bakar Sekam
<i>Mohamad Djaeni, NurulAsiah*</i>
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang, 50275, Telp/Fax: (024)7460058
E-mail: m.djaeni@undip.ac.id |



I. Energi Baru dan Terbarukan

Kode Judul, Penulis dan Alamat

- 11 **Karakterisasi PMFC Satu Sateck**
Ratna Kurnianingsih, Septi Sustinawati, Ramli Sitanggung, Danang Jaya
Program Studi Teknik Kimia UPN Veteran Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283
E-mail : ceptitohs@yahoo.com
niyawr11@gmail.com
- 12 **Pirolisis Enceng Gondok sebagai Bahan Antara Produksi Bahan Bakar Alternatif**
Mitha Puspitasari^{1,2)}, Yano Surya Pradana²⁾, dan Arief Budiman^{2,)}*
¹Chemical Engineering Department, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jln. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta
²Process System Engineering Research Group, Chemical Engineering Department, FT UGM
Jalan Grafika 2, Kampus UGM, Yogyakarta
*E-mail: abudiman@chemeng.ugm.ac.id
- 13 **Elektrolisis Air Suling dengan Satu Stack PEM-Elektrolyzer**
Guta Adi K P, Verdyla Dwi N, Ramli Sitanggung, dan Yusuf Izidin
Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur Yogyakarta-55283
E-mail : gutaadikp@gmail.com ; verdyladwicahya@gmail.com
- 14 **Penentuan Kondisi Optimum Transesterifikasi dalam Pembuatan Biodiesel dari Limbah Cair CPO (CPO Parit)**
Harmiwati
Program Studi Teknik Kimia, Akademi Teknologi Industri Padang
Jl. Bungo Pasang Tabing Padang
E-mail: harminahar@gmail.com
- 15 **Sintesa Biodiesel dengan Teknologi Mikroreaktor**
Aloysius Yuli W.
Department of Chemical Engineering, University of Surabaya
Jl. Raya Kalirungkut Surabaya 60293, East Asia, Indonesia
E-mail: aloy_sius_yw@staff.ubaya.ac.id
- 16 **Optimasi Kondisi Operasi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Proses Dua Tahap**
Herry Santoso¹⁾, Geraldly Suhendro¹⁾, dan Christian Adhi Wijaya¹⁾
¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciumbuleuit No. 94, Bandung 40141, Indonesia
*E-mail: hsantoso@unpar.ac.id
- 17 **Penurunan Kadar Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Pemecahan Material Selulosa untuk Pembentukan Glukosa dengan Proses Fungal Treatment**
S.R. Juliaستی¹⁾, Aldino J.G¹⁾, Fanandy K¹⁾, Nuniek H¹⁾, Sumarno¹⁾
¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111 Indonesia
Phone : 031-5946240, Fax : 031-5999282
*E-mail : juliaz30@chem-eng.its.ac.id



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

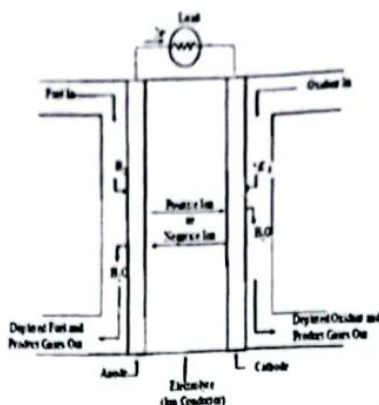
The fuel cell consists of layers of membranes, catalysts, diffusion and flow field plate layer. The layer is a constituent component of PMFC one stack often developed in the study. Each fuel cell uses the quality of the different layers will produce different power. Thus each fuel cell has a characteristic 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.





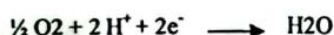
Gambar 1. Sketsa terbentuknya Listrik untuk Satu Sel

Apabila bahan bakar H_2 diumpungkan terus menerus ke anoda (elektroda positif). Udara diumpungkan 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 :

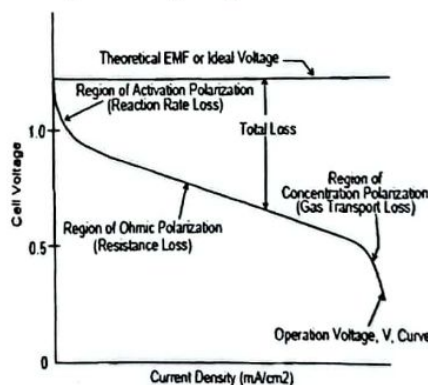


b. Reaksi Katoda :



(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 fenomena 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.

Metodologi

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.

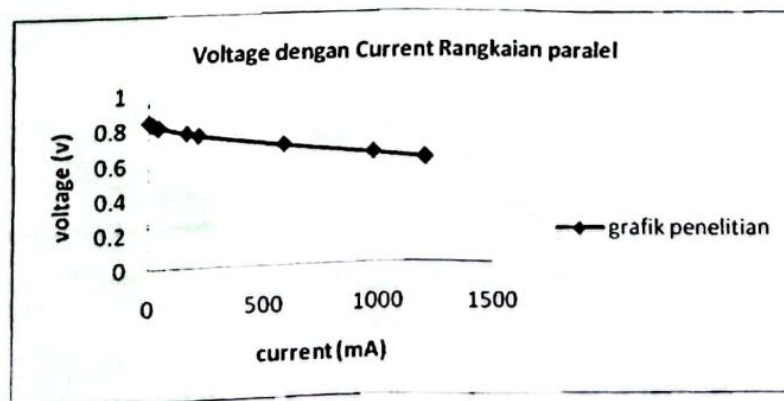
Analisis Penelitian

$$P = V \times I$$

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

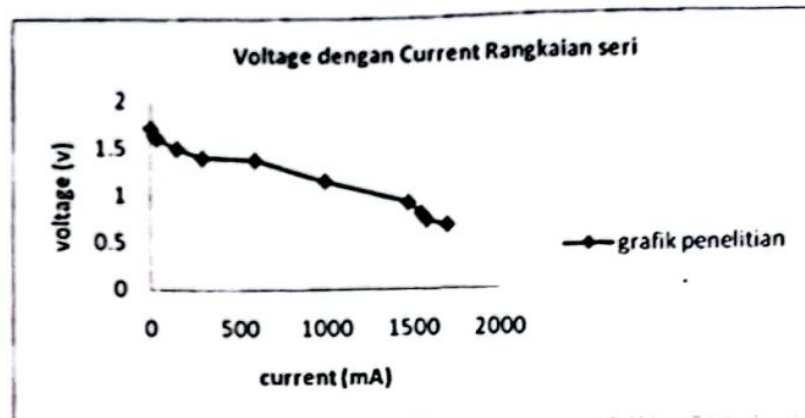
Hasil dan Pembahasan

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



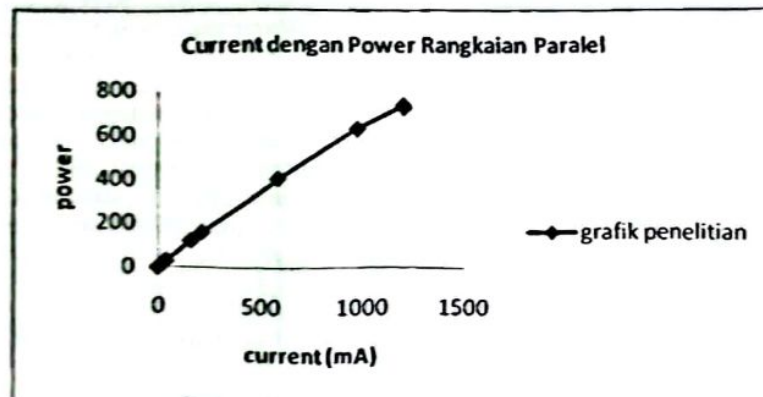
Gambar 3. Grafik hubungan *Voltage* dengan *Current* dalam rangkaian paralel



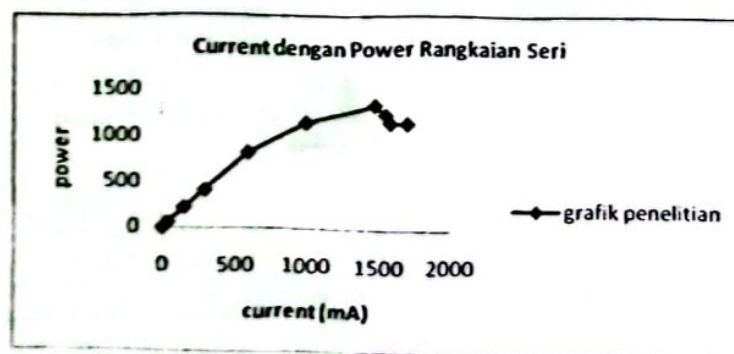


Gambar 4. Grafik hubungan Voltage dengan Current dalam rangkaian seri

Hasil Penelitian 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

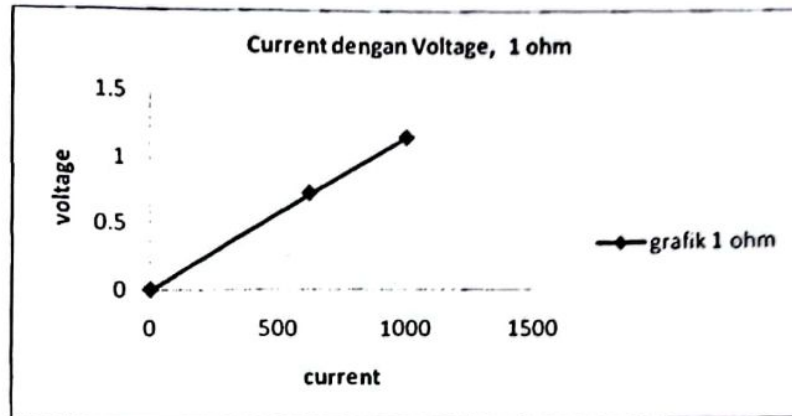


Gambar 6. Grafik Hubungan Current dengan Power Dalam Rangkaian Seri

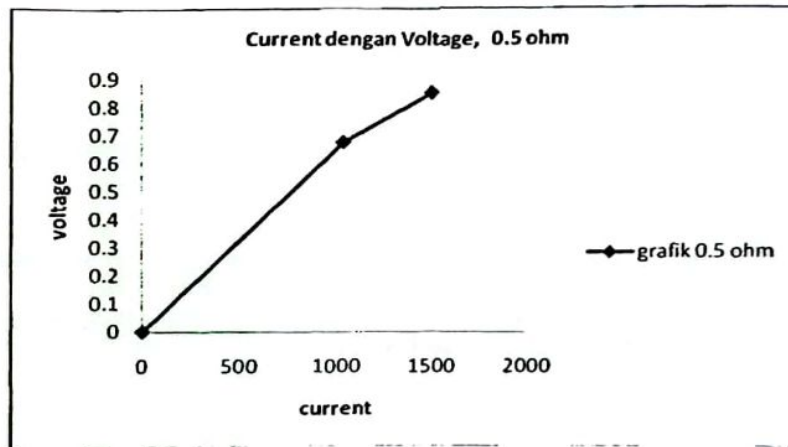
Dari gambar 5 menunjukkan hubungan current dengan power dalam rangkaian parallel, dimana semakin tinggi power maka current juga akan semakin tinggi. Hal itu disebabkan karena gas H_2 yang bereaksi semakin banyak sehingga tenaga yang dihasilkan semakin banyak. Pada gambar 6 terlihat hubungan current dan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



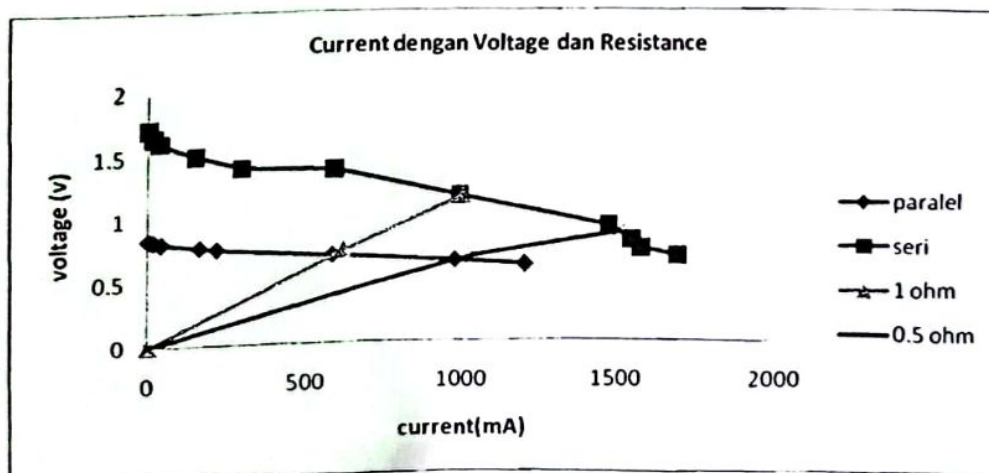
untuk system dengan rangkaian seri power mengalami penurunan karena pengaruh dari resistance, dimana semakin kecil resistance maka power akan semakin menurun.



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 *voltage*-nya. 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.

