

## **FUEL CELL SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF PENGISI BATERAI DENGAN PENGENDALI PANAS**

**HM Ma'ruf<sup>1</sup>, FA Widiharsa<sup>2</sup>**

### **Abstraksi**

*Fuel cell* merupakan alat konversi energi yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi. *Fuel cell* dapat menguraikan gas hidrogen menjadi energi listrik. Dengan memanfaatkan gas hidrogen sebagai bahan bakar, *fuel cell* dapat melakukan reaksi bahwa kandungan electron dan proton dari gas hydrogen bisa dipisahkan sehingga bisa menghasilkan energi listrik. Beberapa komponen yang digunakan untuk memisahkannya yaitu anoda (sebagai kutub negatif), katoda (sebagai kutub positif), serta katalis (untuk membantu proses pemisahan atom electron dan proton dari hidrogen), membrane (sebagai konduktor yang mengakibatkan proton mengalir ke katoda). Dikarenakan hasil dari *fuel cell* adalah energi listrik, maka aplikasinya dapat diterapkan pada mobil listrik sebagai sumber pengisian baterai atau sebagai alat penerangan lainnya. Pada Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya efisiensi *fuel cell* yang digunakan dan reaksi antara hidrogen dan oksigen pada suhu *stack* 70<sup>0</sup> C. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen nyata di lapangan dan metode analisa hasil yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan *fuelcell* dan reaksi kimianya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil daya maksimal 9,17865 (watt), tekanan hidrogen 1,5 bar dengan efisiensi *fuel cell* 30% dan waktu 30 (dt).

**Kata Kunci** : Efisiensi *Fuel Cell*, Tegangan Reversibel

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar belakang**

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Sumber daya yang dapat menghasilkan energi terbagi atas sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui antara lain bahan bakar fosil (batu bara dan minyak bumi). Pada saat ini sumber daya alam seperti batu bara dan minyak bumi sudah mulai berkurang, dikarenakan terlalu banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber energi. Berdasarkan kondisi tersebut diatas, orang mulai berpaling kepada energi lain sebagai sumber energi alternatif salah satunya adalah gas hidrogen.

Gas hidrogen merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah untuk didapatkan dibandingkan energi alternatif

lainnya. Pada hidrogen tersimpan ion elektron yang menghasilkan energi listrik jika bereaksi dengan oksigen dengan menggunakan alat *fuel cell*. Energi yang dimiliki gas hidrogen dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi listrik. Pemanfaatan gas hidrogen pada penelitian ini akan diterapkan untuk pengisian Baterai.

*Fuel cell* adalah sebuah alat elektrokimia yang dirancang untuk dapat memisahkan ion hydrogen dan oksigen dengan bantuan bahan katalis. Dari hasil reaksi tersebut akan menghasilkan energi panas dan energi listrik. Energi panas harus dibuang dengan cara didinginkan dengan *blower*, sedangkan energi listrik yang dihasilkan oleh *fuel cell* dimanfaatkan sebagai sumber energi penggerak kendaraan listrik / kendaraan hibrida untuk kendaraan masa depan.. Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada maka perlu diadakan

<sup>1</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang.

<sup>2</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang

penelitian dengan judul ***Fuel Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Alternative Pengisi Baterai dengan Pengendali Panas***

**Rumusan masalah :**

Berdasarkan uraian latar belakang dalam penelitian ini, adalah berapa besarnya energi panas yang harus dikendalikan di *fuel cell* akibat terjadinya reaksi kimia tersebut, sehingga akan memberikan dampak yang besar untuk menghasilkan amper, dan voltage sehingga *fuel cell* mampu untuk menghasilkan daya listrik yang optimum,

**Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui aspek-aspek dan karakteristik *fuel cell* dengan mengatur tekanan fluida yang keluar dari tabung hydrogen agar sesuai dengan terjadinya reaksi kimia antara hidrogen dan oksigen, hasil dari reaksi kimia tersebut berupa energi panas dan energi listrik, yang dihasilkan ini sangat potensial untuk mengisi baterai.

**Keutamaan Penelitian :**

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka manfaat yang dapat diperoleh :

1. Bagi perkembangan iptek mendorong inovasi untuk mengembangkan sistem *fuel cell* dengan cara mengendalikan panas sehingga dapat menghasilkan daya listrik yang optimum, selanjutnya dapat di produksi massal.
2. Produksi massal tersebut bertujuan juga untuk membantu masyarakat yang belum terjangkau aliran listrik (khususnya dipelosok pedesaan) dengan memanfaatkan Baterai dengan harga

murah, perawatan mudah, tahan lama dan dapat diandalkan.

**Target khusus**

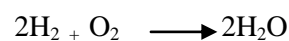
Bagi perkembangan iptek mendorong inovasi untuk mengembangkan sistem *fuel cell* dengan cara mengendalikan panas sehingga secara praktis dapat membuktikan bahwa *fuel cell* tersebut bisa berfungsi sesuai dengan yang direncanakan.

**KAJIAN PUSTAKA**

***Fuel cell***

*Fuel cell* adalah alat konversi energi elektrokimia mengubah hidrogen yang bereaksi dengan oksigen menjadi air, secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas dalam prosesnya. *Fuel cell* merupakan suatu bentuk teknologi sederhana seperti baterai yang dapat diisi bahan bakar untuk mendapatkan energinya kembali, dalam hal ini yang menjadi bahan bakar adalah hidrogen.

Reaksi kimianya yaitu :



Layaknya sebuah baterai, segala jenis *fuel cell* memiliki elektroda positif dan negatif atau disebut juga katoda dan anoda. Reaksi kimia yang menghasilkan listrik terjadi pada elektroda. Selain elektroda, satu unit *fuel cell* terdapat elektrolit yang akan membawa muatan-muatan listrik dari satu elektroda ke elektroda lain dan katalis yang akan mempercepat reaksi di elektroda. jenis *fuel*

Energi yang diproduksi *fuel cell* merupakan reaksi kimia pembentukan air. alat konversi energi elektrokimia ini tidak

akan menghasilkan efek samping yang berbahaya bagi lingkungan.

**Jenis fuel cell.**

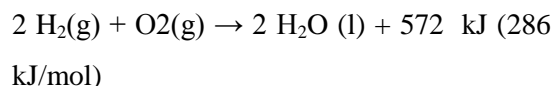
*Fuel cell* atau disebut sel bahan bakar diklasifikasikan berdasarkan atas jenis elektrolit yang digunakan. Klasifikasi ini menentukan jenis reaksi kimia yang terjadi di dalam sel, jenis katalis yang diperlukan, batas temperatur dimana sel tersebut bekerja, bahan bakar yang dibutuhkan dan faktor-faktor lainnya. Adapun sel bahan bakar yang akan dibahas adalah *Proton Exchanger Membrane* (PEM). PEM menyalurkan berat jenis yang tinggi dan menawarkan keuntungan pada berat volume yang rendah dibandingkan sel bahan bakar lainnya. Sel bahan bakar PEM menggunakan *polimer solid* sebagai elektrolit dan elektroda karbon yang mengandung katalis, platinum. (PEM) membutuhkan hidrogen dan oksigen dari udara luar untuk beroperasi.

**Hidrogen**

Hidrogen (bahasa Latin (*hydrogenium*), dari bahasa Yunani (*hydro*) air, (*genes*) membentuk adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen adalah unsur teringan di dunia. juga unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta

Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses *elektrolisis*, namun proses ini

secara komersial lebih mahal dari pada produksi hidrogen dari gas alam. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H<sub>2</sub> di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



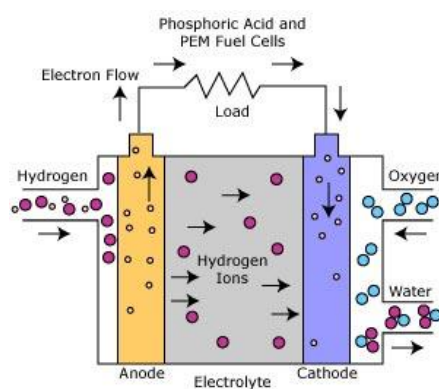
**Elektrokimia**

Elektrokimia adalah ilmu yang mempelajari aspek elektronik dari reaksi kimia. Elektrokimia secara umum dibagi dalam dua kelompok, yaitu sel galvani dan sel elektrolisis.

Sel galvani adalah sebuah sel elektrokimia yang beroperasi secara spontan (sel volta). Sel seperti ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk melakukan kerja.

Sel elektrolisis adalah sel dimana potensial luar yang berlawanan menyebabkan reaksi berlangsung dalam arah berlawanan secara spontan. Sel seperti ini menggunakan energi listrik yang dihasilkan oleh rangkaian luar untuk melakukan reaksi kimia.

**Metode kerja fuel-cell yang diteliti**



Gambar 1. *Fuel Cell*

- Anoda sebagai kutub negatif *fuel cell* merupakan elektroda yang akan mengalirkan elektron yang lepas dari molekul hidrogen sehingga elektron tersebut dapat digunakan.
- Katoda sebagai kutub elektroda positif *fuel cell* yang akan menyebarkan oksigen ke seluruh permukaan katalis. Katoda juga berperan dalam mengalirkan elektron dari luar sirkuit ke dalam sirkuit sehingga menggabungkan ion hidrogen dan oksigen untuk membentuk air.
- Elektrolit Yang digunakan dalam PEMFC adalah membran pertukaran proton (*proton exchange membrane /PEM*). hanya dapat mengalirkan ion bermuatan positif. Sedangkan elektron yang bermuatan negatif tidak akan melalui membran ini.
- Katalis adalah komponen untuk memfasilitasi reaksi oksigen dan hidrogen. Gas hidrogen dengan tekanan tertentu memasuki *fuel cell* di kutub anoda. Gas hidrogen ini akan bereaksi dengan katalis akibat adanya tekanan. Ketika molekul hidrogen kontak dengan platinum pada katalis, molekul akan terpisah menjadi dua ion H<sup>+</sup> dan dua elektron (e<sup>-</sup>). Elektron akan mengalir melalui anoda, elektron-elektron ini melakukan kerja listrik kemudian mengalir kembali ke kutub katoda pada *fuel cell*.
- Pada kutub katoda *fuel cell*, gas oksigen (O<sub>2</sub>) didorong gaya tekan kemudian bereaksi dengan katalis membentuk dua

atom oksigen. Muatan negatif ini akan menarik dua ion H<sup>+</sup> keluar dari membran PEM, lalu ion-ion ini bergabung dengan satu atom oksigen dan elektron-elektron dari luar sirkuit untuk membentuk molekul air (H<sub>2</sub>O).

### Kecepatan aliran hidrogen

Kecepatan aliran hidrogen dari tabung hidrogen bertekanan melalui selang mengalir ke *fuel cell*.

### Persamaan gas ideal :

$$PV = R.T$$

$$\frac{P}{\rho} = R.T$$

$$\rho = \frac{P}{R.T}$$

Dimana :

$\rho$  : Masa jenis hydrogen (kg/m<sup>3</sup>).

$T$  : Temperatur spesifikasi reaksi hidrogen di *fuel cell* (338 K).

$R$  : Konstanta gas hidrogen (4124 J/kg K).

$P$  : Tekanan hidrogen dari tabung (Pa).

$$V_c = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}}$$

Dimana :

$V_c$  : Kecepatan aliran hidrogen (m/s).

$\rho$  : Masa jenis hidrogen(kg/m<sup>3</sup>).

$P$  : Tekanan hidrogen dari tabung (Pa).

### Laju Aliran Massa

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V_c$$

Dimana :

$\dot{m}$  : Laju aliran massa fluida (kg/s).

$\rho$  : Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  : Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>).

$V_c$  : Kecepatan aliran fluida (m/s).

$$\frac{d}{dt}(dQ + dW_{elec}) = \frac{d}{dt}(dH + dKE + dPE)$$

$W_{elec}$  (keluaran tenaga listrik). Operasi searah dari *fuel cell* berarti

$$dQ = T dS$$

dengan persamaan :

$$W_{elec} = \Delta H - T \Delta S = \Delta G$$

Setelah nilai  $\Delta G$  dan  $\Delta H$  dapat dihitung efisiensi *fuel cell* dengan persamaan berikut :

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Dimana :

$\Delta G$  : Kerja maksimum (kJ/mol).

$\Delta H$  : Entalpi (kJ/mol).

$T$  : Temperatur (K).

$\Delta S$  : Entropi (J/mol).

Tegangan reversibel yang disediakan oleh sel :

$$\Delta G = -nFEr^0$$

$$Er^0 = \frac{\Delta G}{-nF}$$

Dimana :

$\Delta G$  : Kerja maksimum (kJ/mol).

$n$  : Bilangan konstanta dalam reaksi tertulis (2).

$F$  : Konstanta Faraday = 96,487 (coloumb/ mol).

$Er^0$  : standart reversible potential (V).

### **Efisiensi *Fuel cell***

$$\eta_{FCmax} = \Delta G / \Delta H$$

sedangkan :

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

jadi :

$$\eta_{FCmax} = 1 - \frac{T \Delta S}{\Delta H}$$

Dimana :

$\eta_{FCmax}$  : Efisiensi Maksimum

$T$  : Temperatur (K).

$\Delta S$  : Entropi (J/mol).

$\Delta H$  : Entalpi (kJ/mol).

### **Daya *fuel cell***

$$W = V \times I$$

Dimana :

$W$  : Daya (Watt).

$V$  : Tegangan (Volt).

$I$  : Arus (Amper).

### **Jumlah panas yang harus dibuang di *fuel cell***

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)$$

Dimana :

$Q$  : Jumlah kalor yang harus dibuang (kJ/s)

$m$  : Laju aliran massa udara (kg/s)

$C_p$  : Kapasitas panas (kJ/kg.K)

$T$  : Suhu (K)

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Labolatorium Uji Prestasi Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Merdeka Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan beberapa variable :

### **Variabel bebas.**

Variasi Kecepatan aliran fluida hidrogen yang masuk ke *fuel cell*

a. Variasi putaran blower untuk membuang panas

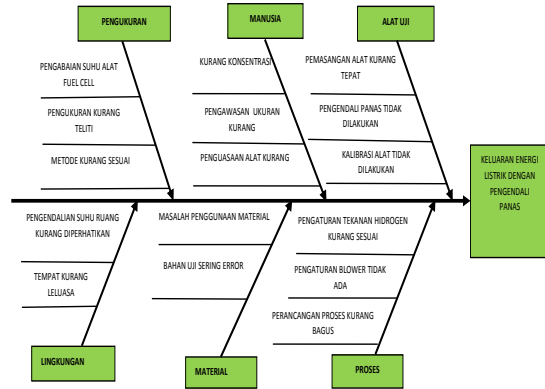
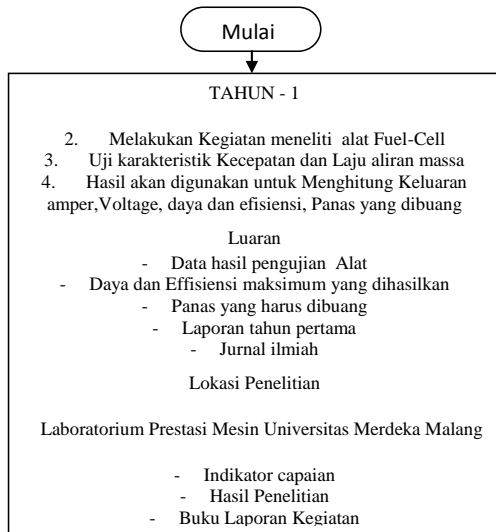
### **Variabel terikat**

a. Laju aliran massa hydrogen

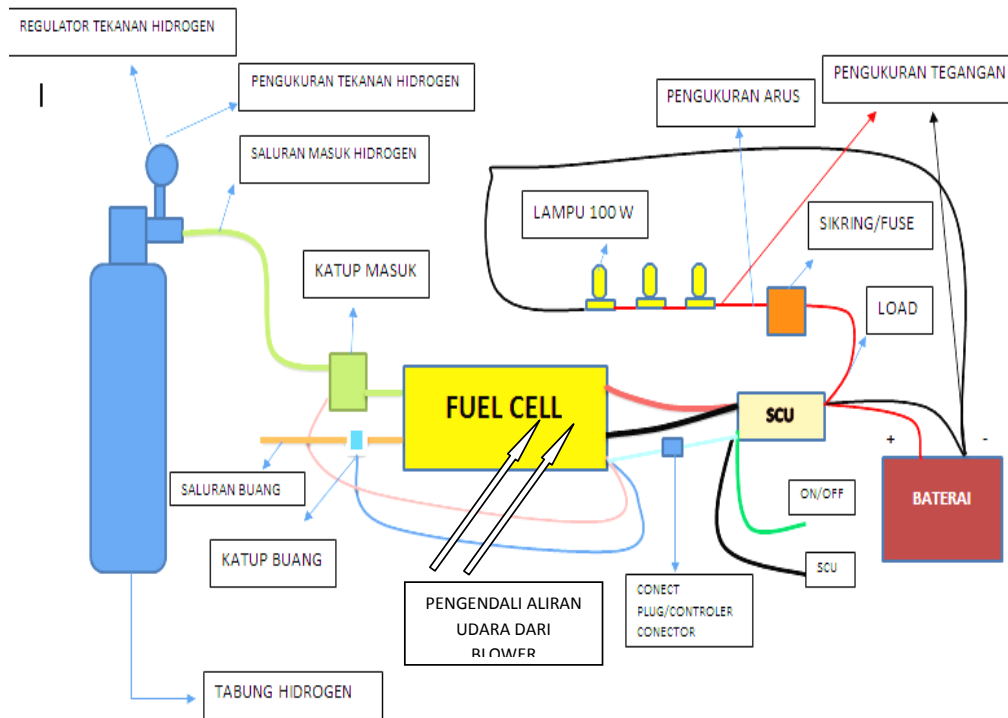
b. Amper dan voltage yang dihasilkan *fuel cell*.

c. Efisiensi *fuel cell* dan daya

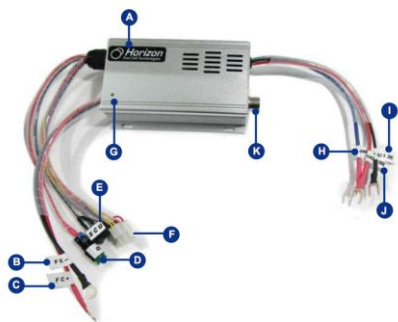
## Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Road Map



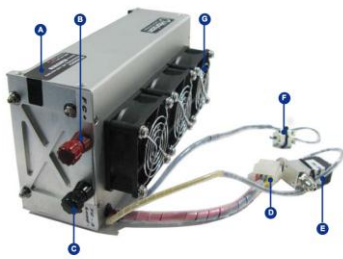
Gambar 3. Rangkaian Sistem Fuel Cell



Gambar 4. Rangkaian SCU



Gambar 5. Konektor Controller



Gambar 6. Rangkaian Fuel Cell



Gambar 7. Controller

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

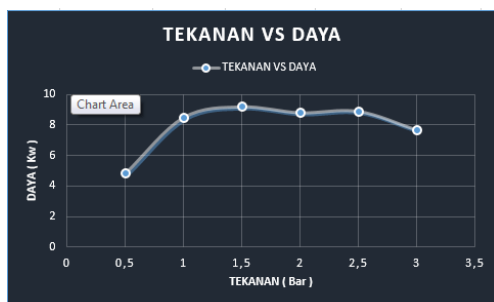
Tempat : Lab Unmer  
 Hari : Sabtu s/d Senin  
 Tanggal : (16 – 18) Juni 2016  
 Jam : 10.00 s/d 15.00  
 Suhu ruang : 27° C

Tabel 1. Hasil Pengujian dan Perhitungan Daya

$R = 4124 \text{ (J/kg K)}^{\circ}$   
 $T = 70 + 273 = 343 \text{ K}$   
 $A_{udara} = (0,12 \times 0,06) = 0,0072 \text{ m}^2$   
 $A_{hidrog} = 0,003 \text{ m}^2$

NO	P (bar)	V (volt)	I (Amper)	t (detik)	v (m/s) <sub>udara</sub>	v (m/s) <sub>hidrogen</sub>	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T rata-rata	ρ udara (kg/m <sup>3</sup> )	ρ udara (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> udara (kJ/kg°C)	m <sub>hidrogen</sub> (kg/s)	m <sub>udara</sub> (kg/s)	Daya (Watt)	Q <sub>rejekt</sub> (Watt)
1	0,5	11,715	0,41	30	2	2829064	26,875	27,775	27,325	0,01767369	1,1830867	1,00632	150	0,01703645	4,80315	0,0154297
2	1	11,645	0,7275	30	2	2829064	27,6	28,15	27,875	0,03534738	1,180924	1,00634	300	0,01700531	8,4717375	0,0094122
3	1,5	11,7675	0,78	30	2	2829064	27	29,235	28,1175	0,05302107	1,179971	1,00637	450	0,01699158	9,17865	0,0382181
4	2	11,685	0,7525	30	2	2829064	27	28,5	27,75	0,07069476	1,1814148	1,00633	600	0,01701237	8,7929625	0,0256801
5	2,5	11,6925	0,76	30	2	2829064	27	29,7	28,35	0,08836845	1,1790626	1,00638	750	0,0169785	8,8863	0,0461344
6	3	11,5725	0,6625	30	2	2829064	27	28,7	27,85	0,10604214	1,1810221	1,006304	900	0,01700672	7,66678125	0,0290937

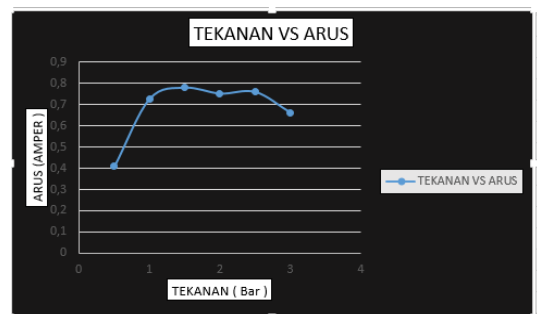
NO	P (bar)	V (volt)	I (Amper)	Daya (Watt)	Daya Spesifikasi (Watt)
1	0,5	11,715	0,41	4,80315	30
2	1	11,645	0,7275	8,4717375	
3	1,5	11,7675	0,78	9,17865	
4	2	11,685	0,7525	8,7929625	
5	2,5	11,6925	0,76	8,8863	
6	3	11,5725	0,6625	7,66678125	



Gambar 8. Grafik Hubungan Tekanan dengan Daya

Pada grafik (gambar 8) terlihat bahwa semakin besar tekanan yang di berikan maka diiringi dengan kenaikan daya, namun pada besarnya tekanan 1,5 bar terjadi penurunan daya. Hal ini disebabkan banyaknya panas

yang diserap oleh udara diatas tekanan tersebut.



Gambar 9. Grafik Hubungan Tekanan Dengan Arus

Pada grafik (gambar 9) dapat terlihat bahwa semakin besar tekanan yang diberikan terjadi kenaikan arus, namun pada tekanan

2 bar kecenderungan arus akan menurun. Hal ini disebabkan karena semakin besar tekanan yang diberikan semakin banyak panas yang di buang yang menyebabkan reaksi indoteren antara anoda dan katoda kurang sempurna.

#### SIMPULAN

1. Jumlah Daya yang tertinggi = 9,1785 Watt pada tekanan 1,5 Bar, dengan panas yang harus dibuang di *fuell cell* sebesar= 0,0382181 Watt.
2. Bila dilihat kemampuan *fuell cell* untuk menghasilkan daya = 95%, namun yang dapat dikeluarkan hanya 30%, dengan demikian alat uji coba masih kurang baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anssari, A, 2008, *A New System to Analyze Pulsatile Flow Characteristics in Elastic Tubes for Hemodynamic Applications*, American Journal of Applied Sciences 5 (12): 1730-1736, ISSN 1546-9239, © 2008 Science Publications

EL – Wakil, MM, 1984, *Powerplant Technology*. Cetakan pertama. McGraw-Hill Book Company, Fong & Sons Printers Pte. Ltd. USA.

Eniya Listiani Dewi, *Mass Transfer Study On Polymer Electrolyte Fuel Cell*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.

Hazel, L, and Matthias Heil, 2003, *Finite-Reynolds-Number Flows In Three-Dimensional Collapsible Tubes*, J. Fluid Mech., vol. 486, pp. 79–103. @ 2003 Cambridge University Press 79 DOI: 10.1017/S0022112003004671, United Kingdom

Heil, Matthias, And Sarah L Waters, 2006. *Transverse Flows In Rapidly Oscillating Elastic Cylindrical Shells*, J. Fluid Mech., vol. 547, pp. 185–214. @ 2006 Cambridge University Press 185 DOI : 10.1017/S0022112005007214, United Kingdom

Holman, JP, 1991, **Perpindahan Kalor**, Edisi Keenam, Cetakan kedua. Erlangga. Jakarta.

Horizon H-300, *Fuel Cell Stack*, User Manual Book

Incropera, FP, 1981, *Fundamentals of Heat Transfer*, John Wiley & Sons, Inc. United States of America.

Jesse S Doolittle, Francis J, Hale *Thermodynamics For Energy*, Department of Mechanical and Aerospace Engineering North Carolina State.

Munson, Bruce R, 2003, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4th edn, John Wiley & Sons Inc., New York

Prolite, 2008, *Polypropylene Tubing*, © NewAge Industries, Inc. <http://www.newageindustries.com>, May 2009.

Ranald V Giles, BS, MS in CE, **Mekanika Fluida dan Hidraulika**.

Ruslani, 1986, **Dasar-Dasar Elektronika**, Bandung, Sulita

Tio Hamdan Pratama, 2013, **Analisa Fuel Cell Sebagai Sumber Pengisian Baterai Pada Mobil Listrik (Ent-Tekno)**.

Walker, Rocky, 2007, *Fluid Power Handbook & Directory*, Nevada, <http://www.hydraulicspneumatics.com>, December 2008



