

## Performa PEM Elektrolizer dengan *Hotpress*

Alan Pradana Bakti\*, Luh Gede Gandis, dan Ramli Sitanggung

Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK No. 104, Daerah Istimewa  
Yogyakarta 55283

\*E-mail: [alanpradanab@gmail.com](mailto:alanpradanab@gmail.com)

### Abstract

*Energy becomes an important component for human survival because almost all activities of human life are highly dependent on the availability of sufficient energy. PEM electrolizer is an alternative to produce hydrogen as a renewable energy source. In this study aims to improve the performance of PEM electrolizer which has been operating for 5750 hours, with the MEA washing method using hot water and then conditioned using a hotpress device with a certain pressure and temperature. The conclusion is that the performance of PEM electrolizer will tend to increase with increasing hotpress pressure and will tend to decrease with increasing hotpress temperature.*

**Keywords:** PEM elektrolizer, Hotpress, Hidrogen.

### Pendahuluan

Sumber energi alternatif belum dapat memenuhi kebutuhan energi dalam skala besar karena masih dalam jumlah terbatas. Salah satu bentuk energi alternatif saat ini menjadi perhatian besar pada banyak negara adalah hidrogen. Hidrogen diproyeksikan oleh banyak negara menjadi bahan bakar masa depan yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Bahan bakar hidrogen untuk kendaraan sel bahan bakar dapat diproduksi dengan menggunakan energi listrik surya dari *photovoltaic* (PV). Dalam penelitian ini sumber listrik dari sistem PV dioptimalkan dengan cara mengubah tegangan dan daya maksimum *photovoltaic* untuk operasi proton exchange membrane (PEM) *electrolizer*. (Kelly dkk., 2011)

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa PEM *electrolyzer* setelah dioperasikan selama 5760 jam dan mengetahui perubahan kondisi MEA ketika dikondisikan menggunakan *hotpress* dengan suhu dan tekanan tertentu.

### Dasar Teori

#### Elektrolisis Air

Molekul air dapat diuraikan menjadi unsur-unsur asalnya dengan mengalirinya arus listrik. Proses ini disebut elektrolisis air. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H<sub>2</sub> dan ion hidroksida (OH<sup>-</sup>). Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O<sub>2</sub>), melepaskan 4 ion H<sup>+</sup> serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Reaksi keseluruhan yang setara dari elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut.



Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen (PEM *Electrolyzer*. Wikipedia, 2020)

#### PEM *Electrolyzer*

*Proton exchange membrane* (PEM) *electrolyzer* adalah elektrolisis air dalam sel yang dilengkapi dengan elektrolit polimer padat (SPE) yang bertanggung jawab untuk konduksi proton, pemisahan gas produk, dan isolasi elektroda elektroda. PEM *Electrolyzer* diperkenalkan untuk mengatasi masalah beban parsial, kepadatan arus rendah, dan operasi tekanan rendah yang saat ini mengganggu elektrolisis alkali.

Ketertarikan utama elektrolisis air sebagai metode produksi hidrogen adalah dapat memanfaatkan daya listrik yang dihasilkan dari sumber terbarukan menjadi bebas dari emisi karbon, H<sub>2</sub> dapat bertindak sebagai alternatif vektor energi berkelanjutan untuk bahan bakar fosil. Elektrolisis alkali adalah teknologi yang paling matang untuk elektrolisis. Di

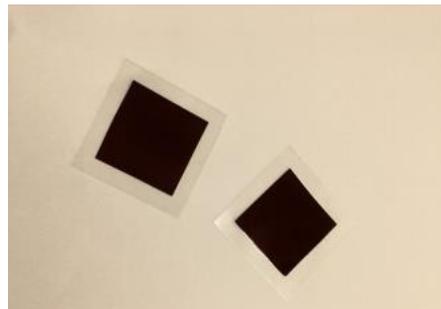




Gambar 3. Alat *hotpress*

### Pemasangan MEA

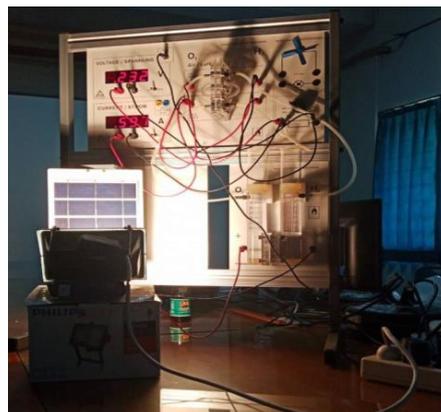
Memasang *end plate* salah satu bagian dengan sekrup dan baut. Memasang rangkaian lapisan sesuai dengan catatan pembongkaran. Memasang *end plate* bagian yang lain. Mengencangkan baut sesuai dengan banyak putaran yang sama saat pembongkaran agar membran tertekan merata dan tidak ada yang bocor.



Gambar 4. MEA yang sudah di *hotpress*

### Pengamatan Karakteristik *Solar Module*

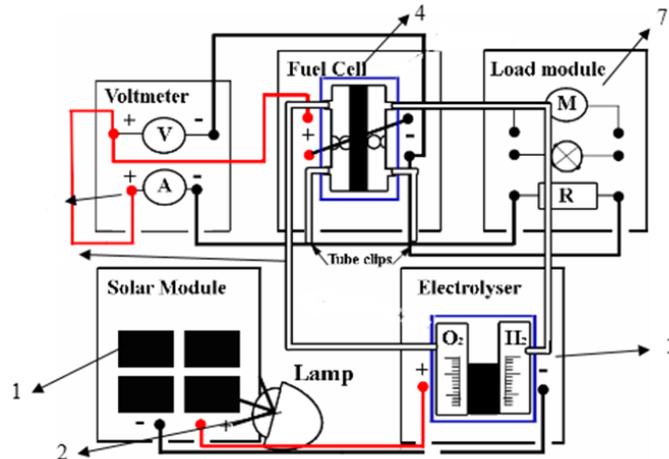
Pada proses pengamatan karakteristik *solar module*, langkah pertama memasang rangkaian alat seperti pada gambar 5. Kemudian, mengatur jarak cahaya lampu dengan *photovoltaic* sepanjang 30 cm agar arus yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Mengukur tegangan dan arus pada merubah variabel hambatan yang ada pada alat.



Gambar 5. Rangkaian alat PEM *electrolyzer*

### Operasi Electrolyzer

Sebelum memulai baca keselamatan umum dan tindakan pencegahan lalu hubungkan outlet hidrogen dari electrolyzer ke saluran masuk hidrogen ke tangki penyimpanan gas, isi tangki penyimpanan gas h-tec dengan air deionisasi hingga 120 ml, tandai dan tempatkan kompensasi tangki di atasnya. Lalu isi reservoir air dari electrolyzer dengan air deionisasi sehingga naik ke tanda-A. Hubungkan catu daya ke positif (merah) dan negatif (hitam) ke terminal electrolyzer. Arus listrik akan menyebabkan arus dipecah menjadi oksigen dan hidrogen. Kemudian oksigen akan lolos ke atmosfer sedangkan hidrogen dikumpulkan di tangki penyimpanan gas, isi ulang dengan air deionisasi saat level air turun di bawah minimum. Lalu mencatat perubahan pada voltase dan berubahan volume pada O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>.



Gambar 6. Rangkaian alat PEM electrolyzer

### Hasil dan Pembahasan

#### Peforma PEM Electrolyzer terhadap Temperature Hotpress

Setelah dilakukan proses hotpress sesuai dengan variabel maka untuk mengetahui peforma PEM Electrolyzer terhadap temperature, didapatkan hasil yang disajikan pada tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Data Hasil Peforma PEM Electrolyzer Terhadap Berbagai Temperature Hotpress.

No.	Time (s)	Current (A/cm <sup>2</sup> )	T = 130°C		T = 140°C		T = 150°C	
			V H <sub>2</sub> (ml)	V O <sub>2</sub> (ml)	V H <sub>2</sub> (ml)	V O <sub>2</sub> (ml)	V H <sub>2</sub> (ml)	V O <sub>2</sub> (ml)
1	60	0,25	2,40	0,92	2,25	1,15	2,10	0,88
2	60	0,35	3,36	1,32	3,21	1,30	3,04	1,21
3	60	0,45	4,32	1,61	4,18	1,86	3,93	1,57
4	60	0,55	5,23	2,19	5,09	2,44	4,88	2,22
5	60	0,65	5,90	2,84	5,56	2,79	5,32	2,67
6	60	0,75	6,51	2,92	6,40	3,12	6,11	3,02
7	60	0,85	7,33	3,80	7,23	3,41	6,95	3,37

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat perbandingan peforma PEM Electrolyzer yaitu Current vs Volume H<sub>2</sub> yang dihasilkan dari berbagai temperature hotpress. Peforma tertinggi yang dihasilkan dari berbagai temperature yaitu pada saat suhu 130°C. Sedangkan peforma terendah yang dihasilkan yaitu pada saat suhu 150°C. Dikarenakan temperature mempengaruhi laju reaksi hidrogen dan oksigen didalam PEM Electrolyzer. Sehingga produksi hidrogen akan cenderung lebih besar.

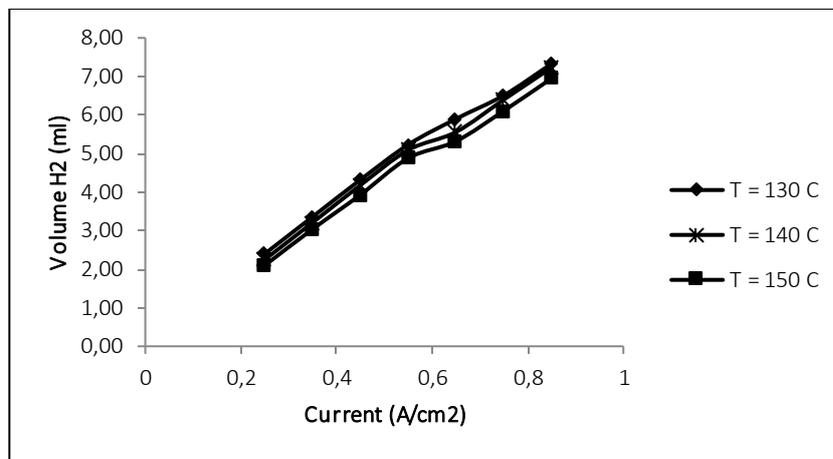
#### Peforma PEM Electrolyzer terhadap Tekanan Hotpress

Setelah dilakukan proses hotpress sesuai dengan variabel maka untuk mengetahui peforma PEM Electrolyzer terhadap tekanan, didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 2. sebagai berikut :

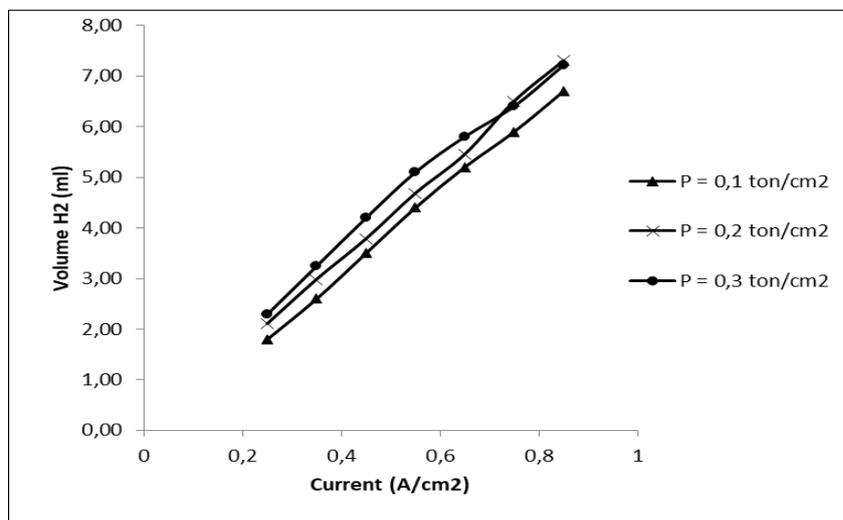
**Tabel 2.** Data Hasil Peforma *PEM Electrolyzer* Terhadap Berbagai Tekanan *Hotpress*.

No.	Time (s)	Current (A/cm <sup>2</sup> )	P = 0,1 ton/cm <sup>2</sup>		P = 0,2 ton/cm <sup>2</sup>		P = 0,3 ton/cm <sup>2</sup>	
			V H <sub>2</sub> (ml)	V O <sub>2</sub> (ml)	V H <sub>2</sub> (ml)	V O <sub>2</sub> (ml)	V H <sub>2</sub> (ml)	V O <sub>2</sub> (ml)
1	60	0,25	1,80	0,07	2,10	1,20	2,30	0,08
2	60	0,35	2,60	0,97	2,98	1,44	3,25	1,24
3	60	0,45	3,50	1,44	3,78	2,28	4,20	1,58
4	60	0,55	4,40	1,63	4,68	2,50	5,10	2,04
5	60	0,65	5,20	2,40	5,45	3,38	5,80	2,78
6	60	0,75	5,90	2,77	6,50	2,94	6,40	2,58
7	60	0,85	6,70	3,73	7,30	3,40	7,21	3,74

Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat perbandingan peforma *PEM Electrolyzer* yaitu *Current vs Volume H<sub>2</sub>* yang dihasilkan pada berbagai tekanan *hotpress*. Peforma tertinggi yang dihasilkan dari berbagai tekanan yaitu pada saat tekanan 0,3 ton/cm<sup>2</sup>. Sedangkan peforma terendah yang dihasilkan yaitu pada tekanan 0,1 ton/cm<sup>2</sup>. Tekanan yang rendah tidak bisa melunakkan elektroda dan membran elektrolit, sehingga elektroda tidak cukup untuk menembus membran elektrolit. Akibatnya mungkin MEA tidak memiliki area aktif yang cukup untuk bereaksi.



(a)



(b)

**Gambar 7.** Peforma *PEM Electrolyzer* Pada Berbagai (a) *Temperature Hotpress* (b) *Tekanan Hotpress*.

### Kesimpulan

Percobaan kami menunjukkan bahwa perubahan suhu dan tekanan akan meningkatkan peforma *PEM Electrolyzer*. Semakin rendah suhu *hotpress* maka produksi hidrogen yang dihasilkan cenderung lebih banyak. Sedangkan semakin



tinggi tekanan *hotpress* maka produksi hidrogen cenderung semakin tinggi pula. Kondisi suhu dan tekanan yang tidak sesuai dapat menyebabkan penipisan lapisan konduktif dan merusak lapisan katalis. Performa *PEM Electrolyzer* yang optimal didapatkan pada saat kondisi suhu dan tekanan *hotpress* yaitu 130°C dan 0,3 ton/cm<sup>2</sup>. Pada penelitian ini tidak menghitung efisiensi kondisi MEA ketika di *hotpress* dengan demikian untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menghitung effisiensinya.

#### Daftar Notasi

$P$  = tekanan [ton/cm<sup>2</sup>]

$T$  = suhu [°C]

$V$  = volume [ml]

#### Daftar Pustaka

- Han B, Steen SM, Mo J, Zhang FY. Electrochemical performance modeling of a proton exchange membrane electrolyzer cell for hydrogen energy. *Int J Hydrogen Energy*. 2015; 40 (22): 7006–7016.
- Kelly NA, Gibson TL, Cai M, Spearot JA, Ouwerkerk DB. Development of a renewable hydrogen economy: optimization of existing technologies. *International Journal of Hydrogen Energy* 2010; 35 : 892–899.
- Meng N, Leung MKH, Leung DYC. Electrochemistry modeling of proton exchange membrane (PEM) water electrolysis for hydrogen production. *WHEC: Lyon France*. 16/13–16 June (2006).
- Onda K, Kyakuno T, Hattori K, Ito K. Prediction of production power for high-pressure hydrogen by high-pressure water electrolysis. *Journal of Power Sources* 2004; 132 : 64-70.
- PEM Electrolyzer. Wikipedia, 2020. [https://en.wikipedia.org/wiki/Polymer\\_electrolyte\\_membrane\\_electrolysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Polymer_electrolyte_membrane_electrolysis) (diakses 12 Maret 2020).
- Siracusano S, Blasi A, Vincenzo B, Brunaccini G, Briguglio N, Alessandro S, Ornelas R, Eduardo T, Vincenzo A, Arico A. Optimization of components and assembling in a PEM electrolyzer stack. *Int J Hydrogen Energy* 2011; 36 (5) : 3333–3339.
- Therdthawong A, Manomayidhikam P, Supapom T, Investigation of membrane electrode assembly (MEA) hot-pressing parameters for proton exchange membrane fuel cell. *Energy*. 2007; 32 : 2401-2411.





## Lembar Tanya Jawab

**Moderator : M. Maulana Azimatun Nur (UPN "Veteran" Yogyakarta)**  
**Notulen : Aditya Kurniawan (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Bety Alfita (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Apakah bisa digunakan katalis selain Pt?  
Jawaban : Bisa menggunakan bimetal seperti Pt-Ni, Pt-Co, dll.
2. Penanya : Soeprijanto (ITS)  
Pertanyaan : Apa jenis elektrolit yang digunakan?  
Jawaban : Hanya menggunakan akuades.
3. Penanya : Widy Rafika Noor Maylani (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Apa pengaruh tekanan hotpress terhadap kinerja PEM Elektrolizer?  
Jawaban : Tekanan yang terlalu rendah tidak bisa membuat MEA memiliki area aktif yang luas.
4. Penanya : Aditya Kurniawan (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Apakah jumlah putaran sekrup pada saat pembongkaran dan pemasangan kembali itu sama? Mengapa?  
Jawaban : Karena sudah ada SOP bahwa putaran sekrup pada saat pembongkaran dan pemasangan kembali perangkat tersebut harus sama.
5. Penanya : Safira Ratna Noviandini (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Kontaminasi zat asing yang dapat mempengaruhi PEM Elektrolizer itu berupa apa dan bagaimana solusinya?  
Jawaban : Berupa gas CO dan H<sub>2</sub>S karena dapat menyebabkan korosi. Solusinya adalah dengan penggantian platina dengan yang baru.
5. Penanya : M.M. Azimatun Nur (UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : PEM Elektrolizer akan digunakan pada suhu berapa?  
Jawaban : Suhu akan ditahan pada 130 C