

PENGARUH KETEBALAN PELAT ELEKTRODA TERHADAP PRODUKTIVITAS *BROWN'S GAS*

Denny Widhiyanuriyawan, Haslinda Kusumaningsih, Tria Puspa Sari

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono No. 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : denny_malang2000@yahoo.com

haslinda.kusuma@gmail.com

triapuspasari@gmail.com

Abstrak

Air merupakan energi alternatif yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar konvensional. Bahan bakar yang berasal dari air didapatkan dengan salah satu caranya yaitu melalui proses elektrolisis air. Proses elektrolisis air adalah proses pemecahan molekul H_2O menjadi senyawa H_2 (Hidrogen) dan O_2 (Oksigen) dengan bantuan listrik. Selain itu juga dapat menghasilkan campuran hidrogen dan oksigen yang disebut oxy-hydrogen (HHO) atau Brown's gas dengan alat elektrolisisnya yang dinamakan generator HHO. Pada penelitian ini menggunakan generator HHO tipe dry cell dengan menggunakan pelat elektroda dari bahan Stainless Steel 304L yang disusun dengan jarak antar pelat 1.5 mm. Larutan elektrolisis digunakan campuran air dan katalis $NaHCO_3$ 2.15 % untuk mempercepat proses elektrolisis. Hasil dari penelitian pengaruh ketebalan pelat elektroda terhadap produktivitas Brown's gas dengan ketebalan 0.3, 1, 1.2 dan 1.5 mm adalah produktivitas tertinggi pada ketebalan pelat 0.3 sebesar 0.0169 l/s dengan daya 424 watt, sedangkan produktivitas terendah pada ketebalan pelat 1.5 mm sebesar 0.0157 l/s dengan daya 433 watt. Serta efisiensi tertinggi pada ketebalan pelat 0.3 mm sebesar 25.95%

Kata kunci : *Brown's gas, generator HHO, elektrolisis air, ketebalan pelat*

Pendahuluan

Air merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan mengingat hampir 70% dari bumi di selimuti oleh air. Hasil penguapan dari air memiliki sifat yang sangat ramah terhadap lingkungan. Air adalah suatu senyawa yang selalu tersedia dan senyawa air (H_2O) terdiri dari hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) yang keduanya dapat dibakar dan dapat juga membantu proses pembakaran [1]. Air mengandung hidrogen yang merupakan energi *carrier* atau pembawa energi karena hidrogen tidak bisa didapatkan secara langsung, melainkan dari salah satu prosesnya yang dinamakan dengan proses elektrolisis air [2].

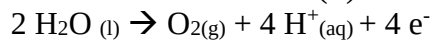
Proses elektrolisis air merupakan suatu proses yang memisahkan senyawa H_2O menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2), elektrolisis air juga bisa menghasilkan oxy-hydrogen (HHO) atau *Brown's gas*. Proses tersebut terjadi pada sebuah alat yang

dinamakan *electrolyser* yaitu sebuah alat elektrokimia (*electrochemical*) yang mengkonversi elektrik dan energi termal menjadi sumber energi kimia berupa *fuel* (hidrogen). Brown's gas dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan performa dari mesin pembakaran dalam [3]. Pada tahun 1977, NASA melakukan penelitian tentang pengaruh injeksi gas hidrogen botol pada kinerja mesin pengapian busi, NASA menyimpulkan bahwa adanya pencampuran bahan bakar dengan hidrogen dapat meningkatkan efisiensi mesin dengan hasil 70% dari rasio stoikiometri [4].

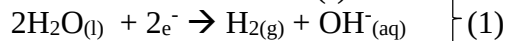
Alat yang digunakan untuk memproduksi *Brown's gas* adalah generator HHO, pada penelitian ini digunakan generator HHO tipe *dry cell* yang umumnya berbentuk pelat (*square cell*). Elektroda yang tercelup air hanya sebagian yaitu melalui lubang dan celah pelat. Keunggulan tipe ini terletak pada desain lebih murah dan mudah, waktu

produksi lebih cepat, arus rendah, dan air yang digunakan lebih sedikit karena hanya terfokus pada celah pelat [5]. Adapun reaksi yang terjadi pada masing-masing pelat di generator HHO yaitu Persamaan 1 [6].

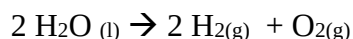
Reaksi oksidasi di anoda (+):



Reaksi reduksi di katoda (-):



Reaksi keseluruhan:



Penggunaan air murni tanpa tambahan katalis akan menyebabkan konduktor listriknya rendah dan produksi *Brown's gas* rendah. Oleh karena itu penggunaan larutan elektrolit yaitu campuran air dan katalis akan meningkatkan konduktivitas sehingga produksi *Brown's gas* tinggi [7]. Penambahan arus dan katalis NaHCO_3 akan meningkatkan performa dari generator HHO untuk proses elektrolisis [8]. Penelitian lain menyatakan penggunaan sistem *direct* (tenaga matahari) menghasilkan daya yang fluktuasi mengikuti radiasi matahari sedangkan sistem *indirect* lebih konstan [9].

Pada proses elektrolisis terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain:

- a. Daya yang dibutuhkan generator HHO

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

Dimana:

P = Daya *electrolyzer dry cell* (Watt)

V = Beda potensial (Volt)

I = Kuat arus listrik (Ampere)

- b. Produktivitas *Brown's gas* yang dipengaruhi volume *Brown's gas* dalam per menit

$$Q = \frac{v}{t} \quad (3)$$

Dimana:

Q =Produktivitas *Brown's gas* (l/s)

v = Volume *Brown's gas* (liter)

t = Waktu elektrolisis air (second)

- c. Efisiensi dari generator HHO

$$\eta = \frac{Q_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P} \quad (4)$$

Dimana:

Q_{HHO} = Produktivitas *Brown's gas* (l/s)

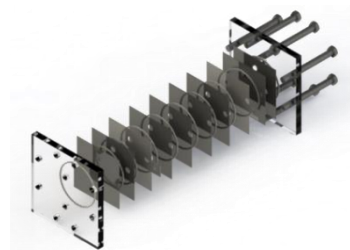
ρ_{HHO} = Massa jenis *Brown's gas* (gr/l)

LHV_{HHO} = Lower Heating Value (J/gr)

P = Konsumsi daya *electrolyzer* (Watt)

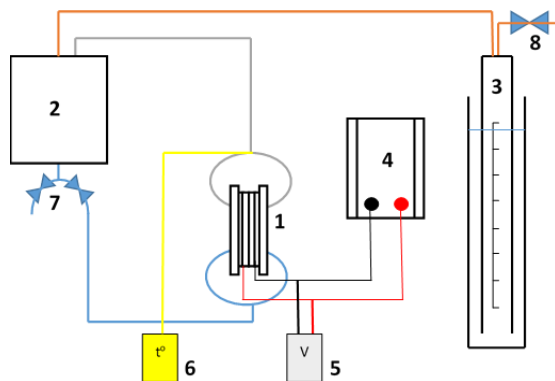
Metode Penelitian

Penelitian tentang pengaruh ketebalan pelat elektroda terhadap produktivitas *brown's gas* dilakukan dengan metode penelitian eksperimental. Generator HHO yang digunakan adalah tipe *dry cell* dengan menggunakan 10 buah pelat terdiri dari 8 buah pelat netral dan 2 pelat elektroda. Masing-masing dari pelat berukuran 70x70 mm dengan dua lubang berdiameter 8 mm.



Gambar 1. Generator HHO

Dua buah pelat elektroda yang terdiri dari anoda (positif) dan katoda (negatif) dihubungkan ke sebuah inverter DC dengan arus sebesar 10 Ampere. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan di katoda terjadi reaksi reduksi. Material pelat yang digunakan adalah Stainless Steel 304L dengan ketebalan bervariasi 0,3, 1, 1,2, dan 1,5 mm. Bahan ini dipilih karena memiliki konduktivitas termal dan ketahanan korosi tinggi, juga bahan ini mudah didapatkan dipasaran dengan harga yang relatif terjangkau.



Keterangan:

1. Generator HHO tipe Dry cell
2. Kotak Bubbler
3. Gelas Ukur
4. Inverter DC
5. Voltmeter digital
6. Termometer Digital
7. Katub pembuangan kotak bubbler
8. Katub pembuangan gelas ukur

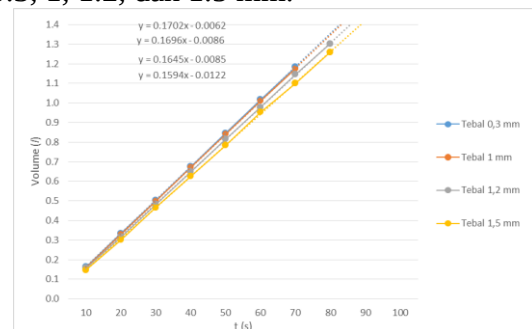
Gambar 2. Instalasi Penelitian

Langkah pengujian pada penelitian yaitu pemasangan konstruksi generator HHO sesuai dengan skema alat dengan jarak antar pelat 1.5 mm. Larutan elektrolit yang digunakan terdiri dari campuran air dan katalis NaHCO_3 dengan fraksi massa 2.15 % atau 55 gram. Pengambilan data dilakukan dengan melihat parameter pengukuran yang terbaca yaitu tegangan, temperatur dan volume dari *Brown's gas*. Metode pengukuran volume *Brown's gas* menggunakan prinsip manometer dengan melihat antara perubahan ketinggian (Δt) air dalam tabung dan air di luar tabung pada tekanan 1 atm kondisi tabung tertutup.

Hasil dan Pembahasan

Data yang didapatkan berupa besar tegangan (*voltage*), temperatur dan laju produksi yang berupa volume *Brown's Gas* dalam liter per sekon. Gambar 3 melihat bahwa ketebalan pelat semakin tipis akan memiliki volume *Brown's gas* semakin besar dibanding dengan ketebalan pelat yang lebih tebal. Selain itu juga nilai gradien atau kemiringan garis dari masing-masing ketebalan pelat menunjukkan bahwa semakin besar nilai gradien maka volume yang dihasilkan semakin besar

dengan urutan penghasil volume yang paling besar ke kecil yaitu ketebalan pelat 0.3, 1, 1.2, dan 1.5 mm.



Gambar 3. Hubungan antara volume *Brown's gas* dan waktu

Hal ini disebabkan ketebalan pelat semakin tebal memiliki hambatan yang semakin besar seperti Persamaan 5.

$$R = \frac{\alpha \cdot l}{A} \quad (5)$$

Dimana :

R = Besarnya hambatan (ohm)

α = Resistivitas material elektroda atau tahanan jenis material ($\Omega \cdot \text{mm}$)

l = ketebalan material (mm)

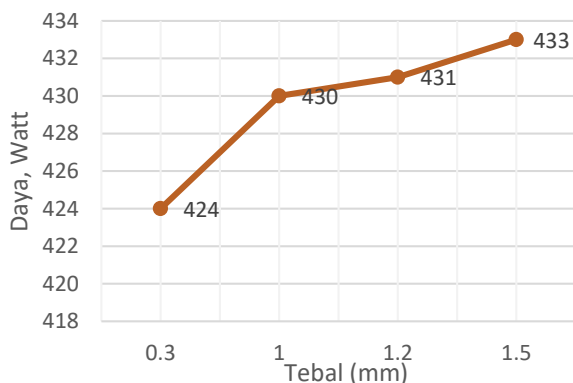
A = Luas permukaan elektroda (mm^2)

Jika hambatan pada pelat elektroda semakin besar maka transfer elektron untuk memecah molekul H_2O akan terhambat sehingga produktivitas *Brown's gas* menjadi rendah. Pada setiap masing-masing ketebalan memiliki resistivitas material tetap dan luar permukaan elektroda tetap sehingga faktor yang berubah adalah hambatan yang dipengaruhi oleh ketebalan dari masing-masing pelat (l) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hambatan masing-masing pelat

No.	l (mm)	r (mm)	A (mm^2)	α ($\Omega \cdot \text{mm}$)	R (Ω)
1.	0.3	28	4923.56	6.9×10^{-4}	4.20×10^{-8}
2.	1				1.40×10^{-7}
3.	1.2				1.68×10^{-7}
4.	1.5				2.10×10^{-7}

Dari Gambar 3 juga menunjukkan pada ketebalan 0.3 dan 1 mm memiliki laju produksi lebih cepat dari pada ketebalan 1.2 dan 1.5 mm. Sehingga waktu yang dibutuhkan lebih cepat untuk memproduksi *Brown's gas*. Hal ini juga dapat ditinjau dari ketebalan pelat semakin tebal akan membuat jarak antar elektroda semakin jauh. Semakin jauh jarak anoda dan katoda akan membuat transfer elektron terhambat dengan waktu yang dibutuhkan untuk mentransfer elektron. Sehingga produksi *Brown's gas* menurun akibat dari pergerakan elektron yang lambat untuk memecah molekul H_2O .



Gambar 9. Hubungan antara daya terhadap ketebalan pelat

Pada penelitian ini juga mengamati besar daya yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis. Ketebalan pelat elektroda semakin besar maka akan meningkatkan konsumsi daya dari generator HHO. Penambahan ketebalan pelat elektroda akan meningkatkan tegangan dengan arus yang diberikan tetap sehingga konsumsi daya akan semakin meningkat.

Ketebalan pelat yang semakin besar akan menyebabkan jarak antar elektroda katoda dan anoda semakin jauh. *Electrical resistance* (hambatan) akan naik ketika jarak (*gap*) elektroda semakin jauh yang menyebabkan *electrical energy* naik pula [10]. Hal ini sesuai dengan Persamaan (6) berikut.

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

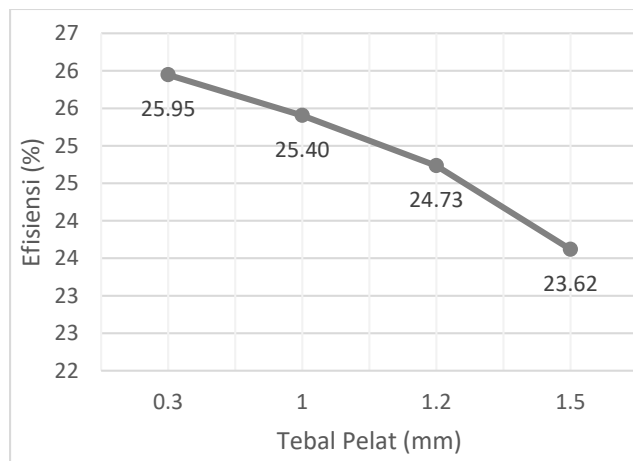
Dimana:

V = Beda Potensial (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

Jika arus yang diberikan pada proses elektrolisis tetapyaitu sebesar 10 ampere sehingga tegangan yang dihasilkan meningkat maka daya yang dibutuhkan generator HHO juga akan meningkat seperti rumus $I = V/R$. Besarnya tegangan dapat dipengaruhi oleh hambatan dari pelat, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. semakin tebal pelat maka hambatan dari pelat tersebut semakin besar dengan nilai resistivitas dan luas permukaan elektroda tetap.



Gambar 10. Hubungan antara efisiensi terhadap ketebalan pelat

Selain melakukan pengamatan terhadap produktivitas dari *Brown's Gas*, penelitian ini juga mengamati nilai efisiensi dari generator HHO yang digunakan. Efisiensi yang didapatkan dari perbandingan energi yang dihasilkan oleh proses dengan energi yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis. Energi yang dihasilkan adalah volume *Brown's gas* per detik sedangkan energi yang dibutuhkan adalah daya yang berupa penambahan tegangan.

Gambar 10. menunjukkan nilai efisiensi dari generator HHO. Ketebalan pelat elektroda semakin besar akan menurunkan efisiensi. Sehingga efisiensi

tertinggi pada ketebalan pelat elektroda 0.3 mm sebesar 25.95 % dan efisiensi terendah pada ketebalan pelat 1.5 mm sebesar 23.62 %. Efisiensi akan meningkat seiring dengan menurunnya ketebalan pelat elektroda.

Jika efisiensi berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan dan berbanding terbalik dengan energi yang dibutuhkan. Efisiensi dari generator HHO dapat dinyatakan dengan produktivitas (volume alir), masaa jenis gas dan *Lower Heating Value Brown's* gas dibanding dengan konsumsi daya dari generator HHO. Nilai masaa jenis gas dan *Lower Heating Value Brown's* gas memiliki perbandingan tetap pada setiap ketebalan pelat elektroda dan nilai yang berubah adalah voume alir dari *Brown's gas* dan tegangan. Maka dalam hal ini efisiensi dari generator HHO akan berbanding lurus dengan produktivitas *Brown's gas*. Namun juga berbanding terbalik dengan daya yang dibutuhkan generator HHO untuk proses elektrolisis.

esimpulan

Menurut hasil analisis data dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Produktivitas tertinggi pada ketebalan pelat 0.3 sebesar 0.0169 l/s dengan daya 424 watt, sedangkan produktifitas terendah pada ketebalan pelat 1.5 mm sebesar 0.0157 l/s dengan daya 433 watt.
2. Semakin besar ketebalan pelat elektroda maka hambatan dari pelat semakin besar sehingga daya yang dibutuhkan semakin meningkat.
3. Efisiensi terbesar pada ketebalan pelat 0.3 mm sebesar 25.95% karena produktivitas yang dihasilkan lebih besar dan daya yang dibutuhkan lebih kecil sedangkan efisiensi terendah pada ketebalan pelat 1.5 mm sebesar 23.62 %.

Daftar Pustaka

- [1] Hidayatulloh, P. 2015. Diskursus Bahan Bakar Air. *Jurnal Sinergi*. Vol. 19 No. 2. ISSN: 1410-2331. Hal. 129-138.

- [2] U.S Department of Energy. 2014. *Fuel Cell Technologies Office*. Washington DC: U.S Department of Energy.
- [3] Ursua, A., Gandia, L. M. & Sanchis, P. 2012. Hydrogen Production From Water Electrolysis: Current Status and Future Trends. *Proceedings of The IEEE*. Vol. 100, No. 2 Page 410-426.
- [4] Hidayatullah, P. & Mustari, F. 2008. *Rahasia Bahan Bakar Air: Cara Mengirit Bensin dan Solar dengan Memanfaatkan Air*. Jakarta: Ufuk Press
- [5] Mang, N., Barrera, J., Siss, T. & Paya, A. 2013. Hydro-Gen 25% Report. Makalah dalam *A.B.S Thesis Prepared in Partial Fulfillment of The Requirement for The Degree of Bachelor os Science in Mechanical Engineering*. Florida International University. Florida, 10 April 2013.
- [6] Lewis, M., & Waller, G. 2000. *Thinking Chemistry GCSE Edition*. Oxford: Oxford University Press.
- [7] Chakrapani, K. & Neelamegam, DR.P. 2011. Optimization of Fuel Consumption Using HHO In HDL Technique Verified In FPGA. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. ISSN: 1992-8645 PP 140-146.
- [8] Widhiyanuriyawan, D. 2016. Performance of Distilled Water Electrolysis with Adding of Sodium Bicarbonate as Catalytic. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 836, pp. 294-298.
- [9] Widhiyanuriyawan, D., Hamidi N. & Wijono. 2013. Karakteristik Produksi *Browns Gas* Dengan Menggunakan Tenaga Matahari. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol 4. Pp. 79-84. ISSN 0216-468X.
- [10]. Nagai, N. , Takeuchi, M. and Kimura. 2003. Existence of optimum space between electrodes on hydrogen production by water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 28, Hal. 35-41.