



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN : 2085-2614

JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



Studi Ketebalan Elektroda Pada Produksi Gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) Oleh Generator Hho Tipe Basah Dengan Katalis NaHCO_3 (*Natrium Bikarbonat*)

Ihsan Sopandi¹⁾, Yuli Hananto¹⁾, Bayu Rudiyanto¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Jember
Jl. Mastrip PO BOX 164, Jember
Email : sopandiihsan25@gmail.com

Abstrak

Salah satu energi alternatif yang efektif dikembangkan sekarang ini untuk mengganti bahan bakar minyak yaitu hidrogen. Untuk mendapatkan gas hidrogen dapat dilakukan melalui proses elektrolisis air dengan memecahkan senyawa H_2O menjadi gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) dengan bantuan listrik arus searah (*Direct Current*) melalui media elektroda berupa plat *stainless steel* 304. Pada penelitian ini, akan diteliti hasil produksi gas HHO oleh generator HHO tipe basah dengan metode elektrolisa H_2O menggunakan variasi ketebalan elektroda jenis *stainless steel* 304 yaitu 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm dengan katalis NaHCO_3 (*Natrium Bikarbonat*) pada larutan elektrolitnya. Karakteristik yang diketahui meliputi konsumsi daya listrik yang digunakan oleh generator, volume gas yang dihasilkan, laju produksi gas HHO yang dihasilkan dan efisiensi generator. Hasil penelitian dan pengujian generator HHO tipe basah ini didapatkan generator terbaik pada ketebalan elektroda 1 mm diperoleh data hasil pengujian dengan daya HHO yang digunakan sebesar 59,11 Watt, laju produksi gas HHO yang dihasilkan sebanyak 0,00054 kg/s dan efisiensi generator HHO sebesar 9,42 %.

Kata kunci : Hidrogen, Generator HHO Tipe Basah, Variasi Ketebalan Elektroda, NaHCO_3

*Study On The Electrode Thickness In HHO (Hydrogen Hydrogen Oksigen) Gas Production By Wet Type HHO Generator With Catalyst NaHCO_3 (*Natrium Bikarbonat*)*

Ihsan Sopandi¹⁾, Yuli Hananto¹⁾, Bayu Rudiyanto¹⁾

¹⁾ Department of Renewable Energy Engineering, Jember Polytechnic
Jl. Mastrip PO BOX 164, Jember
Email : sopandiihsan25@gmail.com

Abstract

One of the alternative energy that effective and currently being developed to replace fossil fuels is hydrogen. To obtain the hydrogen gas can be done through the process of electrolysis of water by breaking the compound H_2O into HHO (Hydrogen Hydrogen Oxygen) gas by using an electric direct current through the medium of 304 stainless steel plate as an electrode. This research will be developing and observing HHO gas production process using HHO generator wet type (wet cell) through electrolysis H_2O with thickness variation of electrode that used 0.8 mm, 1 mm and 1.2 mm of electrode 304 stainless steel plate with NaHCO_3 (Nathrium Bicarbonat) catalyst in the electrolyte solution. Characteristics that will be observed including the consumption of electrical power used by the generators, produced gas volume, HHO gas production rate and generator efficiency. Results of research and HHO generator wet type (wet cell) testing have obtained the best generator at a thickness of 1 mm electrode, testing data obtained with the use of HHO power of 59.11 watts, the rate of production of HHO gas is 0.00054 kg/s and HHO generator efficiency by 9.42%.

Keywords : Hydrogen, Wet Type HHO Generator, Electrode Thickness Variation, NaHCO_3 .

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi yang baru dan terbarukan menjadi sorotan penting di Indonesia untuk dikembangkan sebagai salah satu bagian dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pemanfaatan energi telah banyak dilakukan mulai dari sesuatu yang sebelumnya dianggap tidak bermanfaat seperti sampah dari berbagai jenis bahan ataupun barang dan kotoran yang pada umumnya orang memandang tidak ada gunanya lagi untuk dijadikan sesuatu yang bernilai, terlebih lagi dijadikan sumber energi. Selain itu, pemanfaatan air menjadi sebuah energi yang bermanfaat berupa listrik sudah umum dilakukan yaitu dengan adanya pembangkit listrik tenaga air, akan tetapi pemanfaatannya semakin berkembang dengan dimanfaatkannya air menjadi pembangkit listrik berskala lebih kecil dari biasanya yaitu pembangkit listrik tenaga mikrohidro, pembangkit listrik tenaga minihidro dan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Selain dijadikan listrik, air juga dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar sebuah kendaraan ataupun kompor, caranya dengan mengkonversi air menjadi gas HHO. Teknologi HHO masih langka dilakukan dan dikembangkan, padahal teknologi ini sangat efektif untuk menekan laju pemakaian bahan bakar fosil dan bahan dasar teknologi ini adalah air yang potensinya sangat melimpah di negara seperti Indonesia.

Sebuah landasan yang sangat penting bagi bangsa Indonesia yang setiap tahunnya selalu diramaikan dengan keributan-keributan yang tidak bermanfaat yang diakibatkan dari kelangkaan dan kenaikan harga BBM. Berbagai cara dilakukan pemerintah Indonesia untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satunya dengan penghematan BBM, memindahkan pemakaian minyak tanah terhadap gas LPG pada rumah tangga. Tetapi sampai sekarang langkah itu belum memberikan jawaban yang signifikan terhadap persoalan tersebut.

Salah satu yang menarik perhatian adalah penghematan dengan menggunakan bahan bakar air melalui teknologi HHO. HHO merupakan hasil dari elektrolisa air dengan menggunakan arus listrik yang searah, sehingga terpecah menjadi gas hidrogen dan oksigen murni yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Dengan memproduksi gas HHO sebanyak mungkin, diperkirakan akan menurunkan kekhawatiran masyarakat Indonesia terhadap kelangkaan dan kenaikan harga BBM. Stanley Meyer seorang ilmuwan Amerika dari kota Ohio pada tahun 1995, mengungkapkan pada beberapa media Eropa tentang penemuannya yaitu bahan bakar yang terbuat dari air dengan diaplikasikan pada mobil VW kodok miliknya hingga melaju sampai 160 km/jam hanya menggunakan air sebanyak 3 liter. (Hidayatullah dan Mustari, 2008).

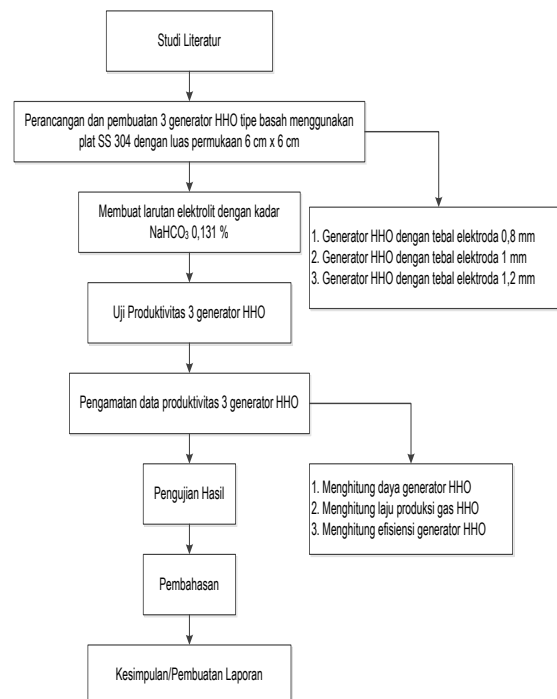
Disisi lain, saat ini masih sangat minim para peneliti yang melakukan penelitian tentang pengaruh ketebalan elektroda jenis plat *stainless steel* 304 terhadap hasil elektrolisa

untuk menjadi patokan dan acuan penggunaan elektroda pada generatornya untuk menghasilkan gas HHO yang optimum. Penelitian sebelumnya cenderung fokus pada komposisi katalis, bentuk elektroda, luasan elektroda dan jenis katalis terhadap banyaknya hasil gas hidrogen yang dihasilkan tanpa menganalisis atau mengidentifikasi generator HHO yang dibuatnya. Pada metode penelitian ini akan dilakukan produksi gas HHO oleh generator HHO tipe basah dengan variasi ketebalan pada elektroda dan dikatalis dengan NaHCO_3 . Sejauh mana pengaruh ketebalan elektroda pada produksi gas HHO dengan menggunakan katalis NaHCO_3 (*Natrium Bikarbonat*).

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Energi Terbarukan dan Laboratorium Bengkel Logam Politeknik Negeri Jember. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap generator HHO melalui variasi ketebalan elektroda jenis plat *stainless steel* 304 dengan ketebalan pada masing-masing generator adalah 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm terhadap daya yang digunakan, volume gas yang dihasilkan, laju produksi gas HHO dan efisiensi generator HHO berbasis daya. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2. Parmeter Pengukuran

a. Daya yang dibutuhkan untuk proses produksi HHO

Besarnya daya yang dibutuhkan generator HHO ditentukan oleh besarnya tegangan dan arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis. Perhitungannya menggunakan Persamaan 1.

$$P = V \times I \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- P = Daya generator HHO (Watt)
- V = Beda potensial/tegangan (Volt)
- I = Arus listrik (Ampere)

b. Laju produksi /flow rate gas HHO.

Laju produksi gas HHO ditentukan dengan Persamaan 2.

$$\dot{m} = Q \times \rho_{\text{HHO}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- $\dot{m}$ = Laju produksi gas HHO (kg/s)
- Q = Debit Produksi gas HHO (lt/s)
- ρ = Massa jenis gas HHO (gram)

Dengan :

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

Dimana :

- V = Volume gas terukur (lt)
- t = Waktu produksi gas (s)

($\rho_{\text{HHO}} = 0,287 \text{ gr/L}$) ($\rho_{\text{Hidrogen}} = 0,069 \text{ gr/L}$) ($\rho_{\text{Oksigen}} = 0,219 \text{ gr/L}$)

c. Efisiensi Generator HHO.

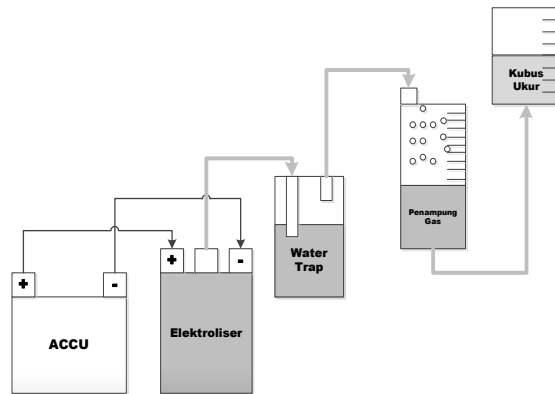
Efisiensi generator HHO atau proses elektrolisis dihitung dengan Persamaan 4.

$$\eta_{\text{HHO}} = \frac{Q_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

- η_{HHO} = Efisiensi generator HHO (%)
- Q_{HHO} = Debit produksi gas HHO (lt/s)
- ρ_{HHO} = Massa Jenis gas HHO (g/lt)
- LHV_{HHO} = LHV gas HHO (119930 J/g)
- P = Daya generator HHO (Watt)

Selain itu, untuk mendapatkan data yang diinginkan dalam penelitian ini yaitu melalui pengujian generator dengan skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Pengujian Generator HHO

HASIL DAN PEMBAHASAN

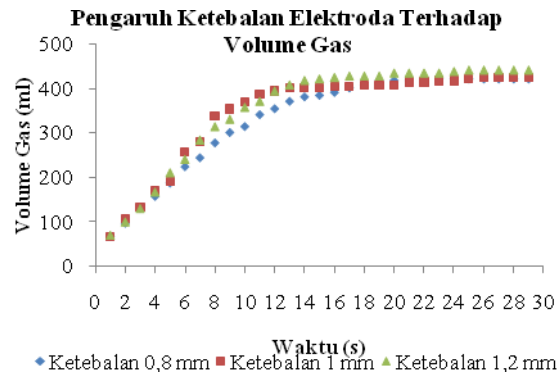
1. Analisa Hasil Penelitian

Sistem kerja Generator HHO menggunakan prinsip sel elektrolisis untuk menghasilkan gas hidrogen dan oksigen. Pada katoda menghasilkan gas hidrogen pada anoda menghasilkan gas oksigen. Unjuk kerja generator HHO dipengaruhi beberapa faktor yaitu luasan elektroda, larutan elektrolit, katalis yang digunakan, konsentrasi katalis, jarak elektroda, jumlah elektroda dan keelektronegatifan larutan elektrolit. Pada penelitian ini dirancang sebuah susunan generator HHO dengan 1 ukuran elektroda, akan tetapi ketebalan elektroda yang digunakan berbeda yaitu elektroda dengan ketebalan plat 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm dengan jarak antar elektroda 0,5. Elektroda yang terpasang pada setiap generator berjumlah 8 elektroda yang terdiri dari 4 plat katoda dan 4 plat anoda.

Hasil penelitian menunjukkan pengaruh ketebalan elektroda terhadap gas HHO yang dihasilkan menggunakan energi listrik arus searah (DC) guna input proses elektrolisis. Masukan energi listrik arus searah diperoleh dari Baterai 12 volt. Larutan elektrolit yang dielektrolisis yaitu campuran aquadest dengan NaHCO_3 (*Natrium Bikarbonat*). Larutan elektrolit diuraikan menjadi gas H_2 dan O_2 , secara teoritis menghasilkan 2 mol hidrogen dan 1 mol oksigen. Pada penelitian ini gas hasil elektrolisis tidak dipisahkan. Parameter pengujian meliputi daya yang digunakan, volume gas yang dihasilkan, laju produksi gas dan efisiensi generator.

2. Pengaruh ketebalan elektroda terhadap volume gas yang dihasilkan

Untuk mengetahui pengaruh ketebalan elektroda terhadap volume gas HHO yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.

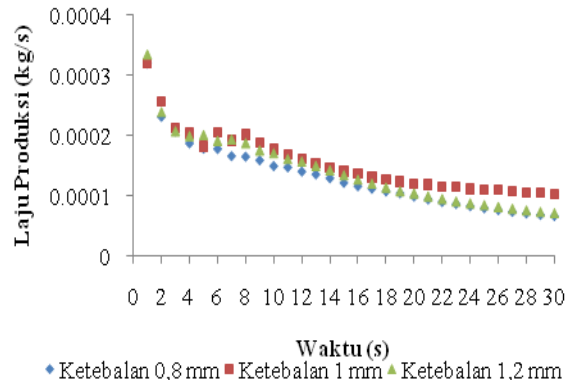


Gambar 3. Grafik Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Volume Gas HHO.

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa volume gas terbesar dihasilkan oleh generator HHO yang memiliki ketebalan elektroda 1,2 mm. Hal ini dapat terjadi karena tegangan dan arus yang masuk terhadap generator HHO dengan ketebalan elektroda 1,2 mm lebih besar, akibat dari hambatan yang dimiliki ketebalan elektroda 1,2 mm lebih besar dari generator yang lainnya. Besarnya daya yang dipakai dan lamanya waktu elektrolisis mempengaruhi terhadap volume gas yang dihasilkan, dikarenakan arus yang dihasilkan oleh ketebalan elektroda 1,2 mm lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya. Dari Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa semakin besar arus listrik yang digunakan maka produktivitas gas HHO juga semakin besar. Hal itu diperkuat dengan teori yang dikemukakan oleh Michael Faraday pada hukum Faraday 1 “Jumlah zat yang dihasilkan di elektroda sebanding dengan jumlah arus listrik yang melalui sel”. Penyebab lainnya yaitu bertambahnya waktu temperatur generator HHO yang semakin meningkat. Panas generator HHO akan mempengaruhi kepekatan dari elektrolit generator, semakin besar produk yang dihasilkan, maka elektrolit yang digunakan pada generator semakin berkurang, sehingga kepekatan elektrolit meningkat. Hal ini akan memperbesar laju produksi gas HHO (Arini dan Kawano, 2012).

3. Pengaruh ketebalan elektroda terhadap laju produksi gas HHO

Untuk mengetahui pengaruh ketebalan elektroda terhadap laju produksi gas HHO yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Laju Produksi Gas HHO.

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh laju produksi yang dihasilkan oleh generator dengan ketebalan elektroda 0,8 mm, laju produksi gas yang dihasilkan rata-rata sebanyak 0,00013 kg/s, pada ketebalan elektroda 1 mm laju produksi gas yang dihasilkan rata-rata sebanyak 0,00015 kg/s dan pada ketebalan elektroda 1,2 mm laju produksi gas yang dihasilkan rata-rata sebanyak 0,00014 kg/s. Hasil laju produksi gas yang besar terjadi pada generator HHO dengan ketebalan elektroda 1 mm yaitu sebesar 0,00015 kg/s.

Selain itu grafik-grafik di atas menunjukkan nilai laju produksi gas HHO mengalami kenaikan seiring dengan semakin besarnya ketebalan elektroda. Semakin tebal ukuran elektroda yang digunakan maka semakin besar laju produksi gas HHO yang dihasilkan, akan tetapi laju produksi yang besar dihasilkan pada ketebalan elektroda 1 mm. Hal ini disebabkan stabilnya arus pada elektroda 1 mm yang mengakibatkan semakin cepatnya proses pemecahan molekul air. Hal ini akan menyebabkan proses elektrolisis air pada generator HHO akan berjalan dengan baik dan cepat sehingga laju produksinya meningkat, debit pada generator gas HHO, dikarenakan waktu produksi dari gas HHO per volume semakin cepat selama 30 menit.

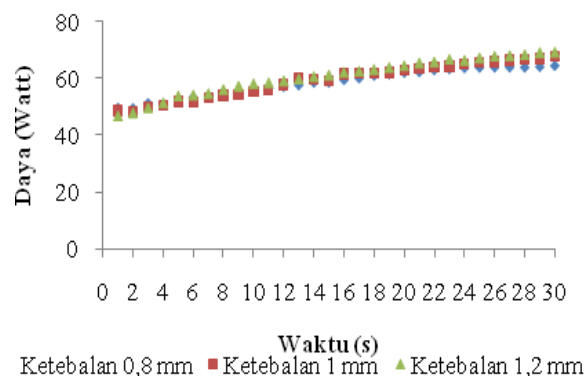
Kemudian, dari data di atas diketahui bahwa hubungan laju produksi gas HHO berbanding lurus dengan ketebalan elektroda, yaitu semakin tebal ketebalan elektroda yang digunakan maka semakin besar laju produksi gas HHO yang dihasilkan dan semakin tipis ketebalan elektroda yang digunakan maka semakin kecil laju produksi gas HHO yang dihasilkan.

Menurut Andono dan Gamayel (2014) kejenuhan larutan akan menimbulkan efek yaitu gerakan kation dan anion menjadi terhambat gerakannya. Sehingga proses elektrolisis akan mengalami hambatan aliran arus listrik karena anion dan kation terhambat gerakannya. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 4 terjadi penurunan nilai arus listrik. Kejenuhan pada

larutan elektrolit akan menyebabkan kelebihan temperatur/panas pada elektroda-elektroda generator karena apabila suhu yang dihasilkan lebih panas akan menyebabkan terhadap elektrolit yang akan mengalami titik jenuh. Sehingga anion dan kation dalam larutan elektrolit juga semakin sulit untuk bergerak di dalam larutan ketika menghantarkan arus listrik, karena jarak antara partikel terlalu dekat, sehingga daya hantarnya menjadi rendah dan reaksi elektrolisis yang terjadi tidak akan optimal dan peningkatan laju produksi gas HHO cenderung menurun. Terjadinya perbedaan laju produksi gas HHO ini dikarenakan suhu yang dihasilkan oleh ketiga generator yang ketebalan elektrodanya masing-masing berbeda. Stabilitasnya arus yang dihasilkan oleh generator dengan ketebalan elektroda 1 mm mengakibatkan semakin cepatnya proses pemecahan molekul air. Hal ini akan menyebabkan proses elektrolisis air pada generator HHO akan berjalan dengan baik dan cepat sehingga laju produksinya meningkat. Dari data di atas diketahui kesesuaian dengan hukum kekekalan energi bahwa energi yang masuk sama dengan energi yang keluar. Dilihat dari rata-rata laju produksi gas HHO tertinggi yaitu 0,00015 kg/s membutuhkan daya yang besar pula untuk menghasilkan gas.

4. Pengaruh ketebalan elektroda terhadap daya yang digunakan

Untuk mengetahui pengaruh ketebalan elektroda terhadap daya yang digunakan oleh setiap generator dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Daya

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh konsumsi daya pada generator HHO dengan ketebalan elektroda 0,8 mm, daya yang digunakan rata-rata sebesar 58,27 watt, pada ketebalan elektroda 1 mm daya yang digunakan rata-rata sebesar 59,11 watt dan pada ketebalan elektroda 1,2 mm daya yang dihasilkan rata-rata sebesar 60,77 watt. Penggunaan

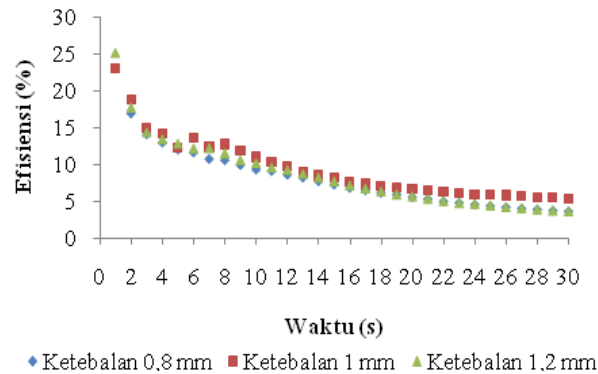
daya yang besar terjadi pada generator HHO dengan ketebalan elektroda 1,2 mm dengan nilai konsumsi rata-rata sebesar 60,77 watt.

Hal ini terjadi karena semakin tebal atau besarnya elektroda yang digunakan maka semakin besar arus yang dihasilkan, konsumsi arus listrik yang semakin besar menyebabkan meningkatnya keelektronegatifan larutan elektrolit. Pada proses elektrolisis, ion-ion dalam larutan semakin rapat dan semakin cepat untuk bertumbukan dengan ion lainnya dan akan semakin cepat berhubung dengan arus listrik. Semakin besar arus listrik menimbulkan panas terhadap larutan elektrolit karena tumbukan ion semakin cepat. Selain itu hambatan yang dihasilkan oleh generator HHO dengan ketebalan elektroda 1,2 besar dikarenakan semakin besarnya luasan elektroda oleh ketebalan bahannya. Kenaikan arus pada waktu-waktu tertentu terjadi karena arus yang di *supply* catu daya aki akan mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan karena aki merupakan *supply* yang nilai arusnya mengikuti besar konsumsi arus yang dibutuhkan oleh beban. Besar konsumsi arus oleh beban ini dipengaruhi oleh nilai hambatan beban itu sendiri. Semakin kecil nilai hambatan suatu beban semakin besar arus yang mengalir, dan sebaliknya semakin besar nilai hambatan semakin kecil arus yang mengalir pada beban. Selain itu karena aki merupakan salah satu jenis *supply* catu daya yang menyimpan energinya membutuhkan pengisian secara kontinyu agar tidak mengalami penurunan kapasitas penyimpanan secara drastis.

Berdasarkan grafik daya di atas dapat diambil kesimpulan bahwa besar elektroda yang digunakan berpengaruh terhadap pemakaian daya. Akibatnya semakin besar untuk melakukan proses elektrolisis atau pemecahan molekul air, dan begitu pula sebaliknya. Semakin kecil elektroda yang digunakan maka semakin kecil pula daya yang digunakan oleh generator tersebut. Semakin besar elektroda yang digunakan akan mengakibatkan terhadap proses elektrolisis atau pemecahan molekul air menjadi gas HHO menjadi lebih cepat. Dalam kenyataannya, semakin besarnya elektroda yang digunakan dalam generator HHO akan menyebabkan suhu lebih cepat panas karena daya yang digunakan semakin besar dan kuat arusnya ikut besar juga.

5. Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Efisiensi Generator

Kemudian untuk menentukan nilai efisiensi generator yang baik dilihat beberapa faktor yang menjadi parameter penelitian yaitu daya yang digunakan, debit produksi, laju produksi, massa gas HHO dan *Low Heat Value* gas HHO. Pada Gambar 6 diperlihatkan grafik pengaruh ketebalan elektroda terhadap efisiensi generator.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Efisiensi Generator

Berdasarkan Gambar 6 diperoleh efisiensi generator HHO yang dihasilkan oleh generator dengan ketebalan elektroda 0,8 mm memiliki rata-rata efisiensi 8,20. Pada ketebalan elektroda 1 mm, efisiensi yang dihasilkan mencapai rata-rata sebesar 9,42 % dan pada ketebalan elektroda 1,2 mm efisiensi yang dihasilkan mencapai rata-rata sebesar 8,59 %. Efisiensi paling tertinggi dihasilkan oleh generator HHO yang ketebalan elektrodanya 1 mm yaitu mencapai 9,42 %.

Dapat disimpulkan bahwa efisiensi generator HHO cenderung naik hingga ketebalan 1 mm dan mencapai efisiensi maksimum pada titik 9,42%. Hal ini terjadi karena dengan semakin tebalnya ketebalan elektroda pada sebuah generator HHO tidak mempengaruhi besarnya nilai efisiensi yang dihasilkan. Selain itu efisiensi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu produktivitas yang dinyatakan dengan volume alir, massa jenis *gas HHO*, LHV HHO, dan energi yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis yang dinyatakan dengan daya. Sedangkan besarnya daya, mempengaruhi peningkatan efisiensi pada generator HHO. Dari pembahasan grafik ketebalan elektroda yang digunakan pada generator HHO di ketahui bahwa semakin tipis elektroda yang digunakan maka konsumsi dayanya akan semakin sedikit pula. Dengan demikian arus yang dihasilkan akan stabil dikarenakan apabila kuat arus yang dihasilkan tinggi maka efisiensi akan semakin menurun. Penurunan tersebut dikarenakan arus listrik yang terjadi mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan pada elektroliser *Wet Cell*. Semakin besar arus yang digunakan maka konsumsi daya yang digunakan juga semakin besar. Penurunan efisiensi disebabkan oleh kenaikan energi listrik yang digunakan (Wiryan, dkk 2013).

Sebelumnya kita ketahui bahwa semakin besar kuat arus maka produktivitasnya juga semakin tinggi, tetapi tidak sebanding dengan semakin besar pula energi yang digunakan sehingga efisiensinya akan semakin turun. Menurut Ena Marlina pada tahun 2013 dan

Silaban pada tahun 2013 menyatakan bahwa, besarnya energi yang digunakan banyak yang berubah menjadi panas dan bukan digunakan untuk melepaskan ikatan air, sehingga banyak energi yang terbuang dan efisiensinya akan semakin turun. Bukti bahwa semakin tinggi arus maka akan semakin banyak energi yang berubah menjadi panas dan meningkatkan temperatur elektrolit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis energi hanya dapat memberikan informasi besarnya *losses* pada siklus turbin gas.
2. Terdapat pengaruh yang besar antara perbedaan ketebalan elektroda pada generator HHO terhadap parameter yang digunakan yaitu daya yang digunakan, volume gas yang dihasilkan, laju produksi dan efisiensi generator yang dihasilkan oleh masing-masing generator berdasarkan perbedaan ketebalan elektrodanya.
3. Volume gas terbesar dihasilkan oleh generator HHO dengan ketebalan elektroda 1,2 mm yaitu sebesar 440 ml dalam waktu 25 menit dan selanjutnya stagnan tidak menghasilkan gas sampai menit 30. Kemudian volume gas terendah dihasilkan oleh generator HHO dengan ketebalan elektroda 0,8 mm yaitu sebesar 420 ml dalam waktu 23 menit dan seterusnya stagnan tidak menghasilkan gas sampai menit 30.
4. Semakin besar ketebalan elektroda pada suatu generator HHO, semakin besar pula gas yang dihasilkan oleh generator tersebut, tetapi pemakaian dayanya juga ikut besar.
5. Performansi atau unjuk kerja generator HHO terbaik didapatkan pada generator HHO dengan ketebalan elektroda 1 mm. Performansi hasil pengujian yang diperoleh generator HHO ini yaitu daya yang dibutuhkan sebesar 59,11 watt, laju produksi gas HHO 0,00054 kg/s dan Efisiensi generator HHO mencapai 9,42 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Andono, Y., A. Gamayel. 2014. Pengujian performa generator hidrogen tipe *dry cell* akibat pengaruh komposisi campuran katalisator NaHCO_3 pada air. Jurnal Kajian Teknologi Vol. 10 No. 1.
- Arini, R.A., D.S. Kawano. 2012. Pengaruh variasi duty cycle pada PWM (*Pulse Width Modulation*) terhadap performa generator HHO tipe basah (*Wet Cell*). Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No. 1.
- Faraday, M., 1834. On Electrical Decomposition. Philosophical Transaction of The Royal Society.
- Hidayatullah, P., F. Mustari. 2008. Rahasia Bahan Bakar Air. Ufuk Press, Jakarta.

- Marlina, E., S. Wahyudi., L. Yulianti. 2013. Produksi Brown's gas hasil elektrolisis H₂O dengan katalis NaHCO₃. Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 4 No. 1.
- Silaban, R.Y., D. Widhiyanuriyawa., N. Hamidi. 2013. Produksi Brown's Gas pada elektroliser *dry cell* dengan variasi celah elektroda dan fraksi massa NaHCO₃. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wiryan, D., D. Widhiyanuriyawan., N. Hamidi. 2013. Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Produksi Brown's Gas pada Elektroliser. Universitas Brawijaya. Malang.