

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2477-3085 | ISSN (Online) 0000-0000 |



Artikel Penelitian

Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Koh Terhadap Performa Generator HHO Tipe *Dry Cell* Dengan Dimensi Setiap Plat 3.046,59 Mm²

Nofriyandi. R., S.Pd., MT

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Dharma Andalas, Kampus Simpang Haru Sawahan – Padang

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 07 Februari 2017

Revisi Akhir: 01 Maret 2017

Diterbitkan Online: 01 April 2017

KATA KUNCI

Generator

Dry cell

Experiment

HHO gas

Efficiency

KORESPONDENSI

E-mail: nofriyandi.pnp@gmail.com

A B S T R A C T

This research is aimed to analyze efficiency and produced HHO gas from HHO type dry cell generator. The experimental apparatus of a generator consists of 4 cells and four neutral plates for each cell is produced. The generator plate used in the electrolysis process has dimension 30.29 mm². The total area of plate is 70 mm x 70 mm and it has a single hole with diameter 12 mm located in the middle of the plate. To collect the data, the generator has been operated for 2 hours. The efficiency of the generator is evaluated by addition of 5, 7 and 9 gram KOH into the cell. It was shown from the experiment that, the average of HHO gas resulting from 5 gram KOH is 6.45 ml/s with efficiency 89.39%. Meanwhile, for 7 and 9 gram KOH, the average HHO gas are 9.31 ml/s and 12.92 ml with efficiency 72.29% and 83.49%, respectively.

1. PENDAHULUAN

Hasil pembakaran bahan bakar fosil yang terdiri dari campuran karbon, hidrokarbon, oksigen dan hidrogen dapat menghasilkan nilai polutan yang besar sehingga berbahaya bagi lingkungan. Dalam pencegahan besarnya efek polutan tersebut, berbagai peneliti terus melakukan penelitian dan pengembangan.

Untuk mengurangi polusi udara yang di sebabkan oleh pembakaran bahan bahan bakar fosil tidak sempurna, terutama pada kendaraan telah di lakukan berbagai macam cara. Cara yang paling sering dilakukan adalah dengan melakukan

penelitian bagaimana agar terjadi pembakaran sempurna pada kendaraan. Namun karakteristik dari pembakaran bahan bakar fosil lebih cenderung mengeluarkan racun dalam kondisi pembakaran apapun yaitu, baik dalam kondisi pembakaran tidak sempurna maupun pembakaran sempurna.

Perkembangan dan penggunaan biodiesel dan bioethanol masih belum optimal karena beberapa faktor diantaranya adalah sumber bahan bakunya belum memadai secara kuantitas dan kualitas, sebagian dari bahan bakunya adalah bahan pangan yang masih mungkin mengganggu ketersediaan bahan pangan, serta kesiapan dari segi budi daya, kesiapan teknologi proses, kesiapan sarana-prasarana pemasaran. Bahan bakar yang dihasilkan

dari pemanfaatan energi dengan cara elektrolisa air murni menjadi bahan bakar atau gas HHO dinilai sebagai bahan bakar masa depan yang ramah lingkungan dan efisien dikarenakan bahan bakunya yang sangat mudah di temukan serta menghasilkan emisi yang lebih ramah lingkungan pada saat terjadi proses pembakaran, di karenakan properties gas HHO tidak memiliki nilai karbon yang memicu terjadinya emisi gas buang yang beracun. Selanjutnya gas hidrogen mempunyai nilai energi lebih besar dari pada bahan bakar gasoline yang biasa di gunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan. Perbandingan bahan bakar gasoline dengan *hydrogen* dapat dilihat pada Tabel 1.

Penelitian ini bertujuan agar dapat mengetahui persentasi dari jumlah dari gas HHO yang di hasilkan. Selanjutnya menghitung nilai dari efisiensi generator HHO *type dry* agar dapat mengetahui seberapa besar performance generator

HHO *type dry cell* terhadap daya yang dibutuhkan. Variasi dalam setiap penelitian hanya melihat perbedaan hasil dari jumlah KOH yang di berikan yaitu 5 gram, 7 gram dan 9 gram KOH. Pengambilan data dilakukan dengan melihat secara langsung banyaknya gas HHO yang di peroleh dalam setiap 500 milli liter/detik. Setiap pengujian dilakukan selama 120 menit pada setiap variasi.

Pada penelitian Nofriyandi. R (2016) meneliti tentang pengaruh penggunaan KOH terhadap performance generator HHO *tipe dry cell* berdiamensi 3.316 mm² dengan 3 cell dan 4 plate netral menggunakan 5 gram KOH menghasilkan gas HHO 7,181 ml/s efisiensi 91,3%. 7 gram HHO menghasilkan gas HHO 11,128 ml/s efisiensi 87,3%. 9 gram KOH menghasilkan gas HHO 12,283 ml/s efisiensi 86,8 %. Pada peneliti Sugeng

Tabel 1. Perbandingan bahan bakar gasoline dengan *hydrogen*

The properties of hydrogen		
Properties	Unleaded gasoline	Hidrogen
Autoignition temperature (K)	533 – 733	858
Minimum ignition energy (mJ)	0.24	0.02
Flammability limits (volume % in air)	1.4 - 7.6	4 – 75
Stoichiometric air-fuel ratio on mass basis	14.6	34.3
Limits of flammability (equivalence ratio)	0.7 - 3.8	0.1 – 7.1
Density at 16 °C and 1.01 bar (kg/m ³)	721 - 785	0.0838
Net heating value (MJ/kg)	43.9	119.93
Flame velocity (cm/s)		
Quenching gap in NTP air (cm)	37 – 43	265 – 325
Diffusivity in air (cm ² /s)	0.2	0.064
Research octane number	0.08	0.63
Motor octane number		
Flashpoint	92 – 98	130
	80 – 90	-
	Approximately –45 °F (–43 °C; 230 K)	< –423 °F (< –253 °C; 20 K)

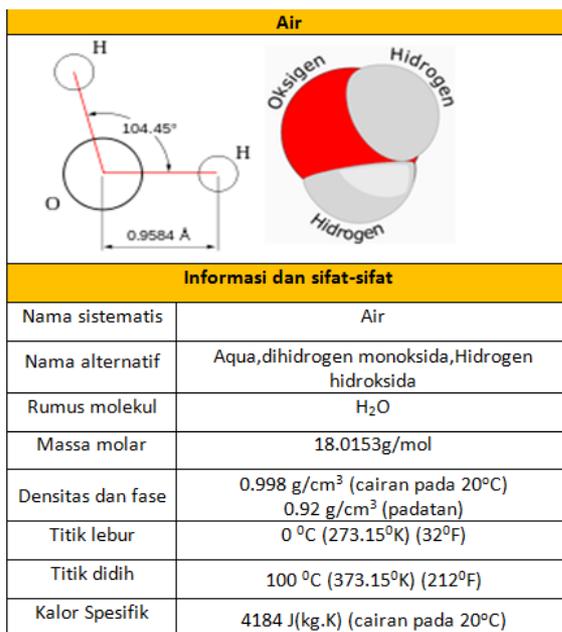
(Sumber: International journal of hydrogen energy 35 (Ali Can Yilmaz, Erinc, Uludamar, Kadir Aydin 2010) 11366 – 11372 dan hydrogen fuel cell engines and related technologies: Rev 0, December 2001)

Heri Purnomo dan Djoko Sungkono (2014), meneliti tentang komparasi penghasilan HHO pada generator tipe *dry* dengan susunan kerucut diameter lubang 7 mm dan 10 mm terpasang vertikal dengan nilai laju produksi tertinggi pada diameter 7 mm sebesar 10,5 ml/s serta efisiensi tertinggi 49,57 %.

Dari hasil penelitian diatas penggunaan generator HHO 4 cell dengan 4 plate netral dibandingkan dengan penelitian Nofriyandi sebelumnya yaitu 3 cell dengan 4 plate netral terjadi peningkatan laju produksi sebesar 0,637 ml/s pada penambahan 9 gram KOH, namun terjadi penurunan efisiensi pada generator. Pada penelitian Sugeng dan Djoko Sungkono, terjadi peningkatan laju produksi sebesar 2,42 ml/s serta peningkatan efisiensi sebesar 33,92%.

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kemudahan bagi para peneliti berikutnya dalam pengaplikasian bahan bakar HHO pada kendaraan sepeda motor, karna dari hasil pengujian yang diperoleh dapat ditentukan penggunaan terbaik pada aplikasi kendaraan motor dalam setiap variasi. Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui besarnya arus listrik yang dibutuhkan, laju produksi gas HHO serta efisiensi pada generator HHO selama



The figure consists of two parts. On the left, a ball-and-stick model of a water molecule (H₂O) is shown. The oxygen atom (O) is at the center, and two hydrogen atoms (H) are bonded to it. The bond angle between the two H-O bonds is labeled as 104.45°. The distance between the two hydrogen atoms is labeled as 0.9584 Å. On the right, a 3D space-filling model of a water molecule is shown, with a red sphere representing oxygen and two white spheres representing hydrogen. The labels 'Oksigen' and 'Hidrogen' are placed near their respective spheres.

Informasi dan sifat-sifat	
Nama sistematis	Air
Nama alternatif	Aqua, dihidrogen monoksida, Hidrogen hidroksida
Rumus molekul	H ₂ O
Massa molar	18.0153g/mol
Densitas dan fase	0.998 g/cm ³ (cairan pada 20°C) 0.92 g/cm ³ (padatan)
Titik lebur	0 °C (273.15°K) (32°F)
Titik didih	100 °C (373.15°K) (212°F)
Kalor Spesifik	4184 J/(kg.K) (cairan pada 20°C)

Gambar 1. Keterangan umum unsur air

percobaan dengan baterai 13 volt. Menggunakan plat 4 cell 4 plate netral dimensi 3.046,59 mm².

- Untuk mengetahui mana yang terbaik untuk di aplikasikan pada kendaraan dari menggunakan plat 4 cell 4 plate netral dimensi 3.046,59 mm².

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil percobaan hanya berlaku untuk generator HHO tipe kering (*dry*) dengan elektroda *plat stainless steel* tipe 316L dengan luas permukaan yang bekerja aktif saat elektrolisis 3.046,59 mm².
- Menggunakan larutan elektrolit KOH 5 gram, 7 gram dan 9 gram pada 1 liter aquades.
- Analisa dilakukan pada generator HHO meliputi daya yang dibutuhkan generator HHO, laju produksi gas HHO dan efisiensi generator HHO.

2. KAJIAN PUSTAKA

Jika air dipanaskan akan berubah bentuk menjadi uap air atau gas dengan simbol H₂O_(g). Jika air dipecah dengan menggunakan energi yang sesuai, maka akan terurai menjadi gas H_{2(g)} dan gas O_{2(g)}. Gas yang keluar ketika air dipanaskan bukan gas hidrogen. Air hanya dapat dipecah menjadi gas hidrogen dan gas oksigen (sebagai bahan penyusunnya) dengan teknik tertentu. Banyak teknik untuk memecah air menjadi gas H_{2(g)} dan gas O_{2(g)} yaitu dengan menggunakan energi nuklir dan elektrolisis. Cara elektrolisis sangat mungkin dilakukan, karena selain aman, cara ini juga mudah untuk dilakukan. Elektrolisis yaitu proses yang memerlukan energi listrik untuk terjadinya reaksi kimia, seperti penguraian air menjadi gas hidrogen dan gas oksigen.

3. METODOLOGI

Metode pada penelitian ini dilakukan secara eksperimental. Pengujian langsung pada alat yang telah di rancang, sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan dalam pengujian. Generator HHO dipasang secara vertikal dengan menggunakan 4

cell, pada masing-masing cell terdiri dari 4 plat netral. Luas permukaan yang bekerja pada masing-masing plat di batasi oleh *O-ring seals* dengan ukuran \varnothing luar 60 mm.

Variasi hasil data uji diperoleh dari jumlah banyaknya penggunaan KOH yaitu, 4, 5 dan 7 gram KOH. Pegujian dilakukan selama 120 menit agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Sumber energi di peroleh dari enegi baterai (DC) yang terpasang langsung carger dari listrik PLN guna menjaga kestabilan energi baterai.

Parameter yang berperan dalam menentukan unjuk kerja generator HHO adalah sebagai berikut:

1. Daya Generator HHO (P_{HHO}), [Watt]

Perumusan untuk daya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

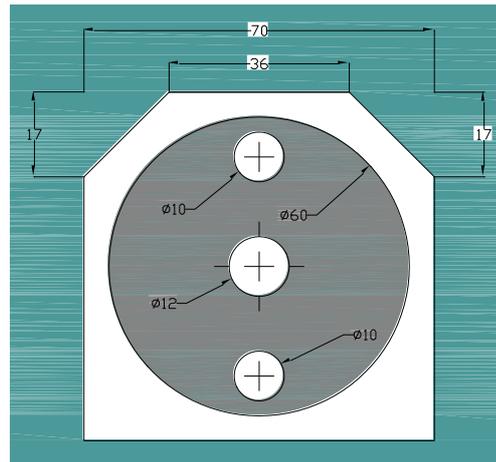
$$P = V \times I \tag{1}$$

Dimana:

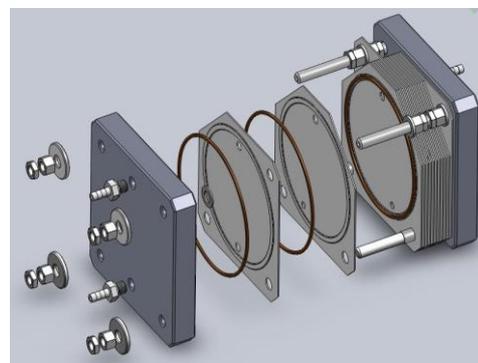
P = daya generator HHO (watt)

V = beda potensial/ voltase (volt)

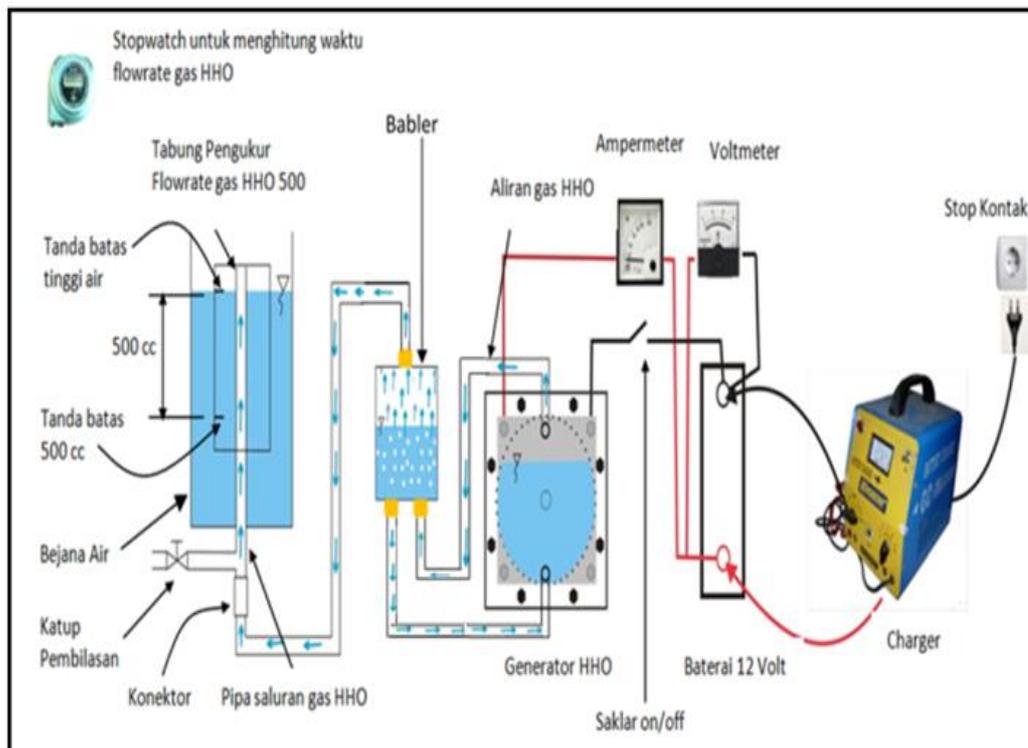
I = arus listrik (ampere)



Gambar 2. Ukuran Plate Netral Generator HHO



Gambar 3. Cara Pemasangan Generator HHO



Gambar 4. Skema Pengujian Generator HHO

2. *Laju Produksi Gas HHO* (\dot{m}_{HHO})
Menghitung *flowrate* gas HHO dengan persamaan berikut ini:

$$\dot{m} = Q \times \rho \quad (2)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju Produksi Gas HHO (Kg/s)

Q = Debit Produksi gas HHO (m³/s)

ρ = Massa Jenis HHO (Kg/m³)

Persamaan debit Produksi gas HHO:

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

Dimana :

V = Volume gas Terukur (m³)

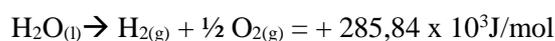
t = Waktu produksi gas HHO

3. *Efisiensi Generator HHO* (η_{HHO}), [%]

Efisiensi dihitung agar mengetahui optimalitas generator selama bekerja, yaitu dilihat dari perbandingan jumlah energi yang masuk dan terpakai dalam sistim kerja dengan energi yang dihasilkan atau energi keluar. Adapun persamaan efisiensi secara umum adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{Energi yang berguna (output)}}{\text{Energi yang diberikan (input)}} \times 100\% \quad (4)$$

Energi yang terpakai (*input*) merupakan komponen yang bekerja dalam proses elektrolisa pada generator gas HHO, dalam hal ini adalah entalpi generator, entalpi bernilai positif karena reaksi pada generator gas HHO adalah reaksi endoterm atau reaksi yang menyerap panas untuk menghasilkan produk. Sedangkan energi yang berguna (*output*) adalah energi yang diberikan dari generator. Nilai input yaitu nilai entalpi gas ideal.



Lalu untuk nilai energi ikatan yang dibutuhkan dapat diketahui melalui rumusan dibawah ini:

$$p \times V = n \times \bar{R} \times T \quad (5)$$

Jika persamaan (5) ditinjau persatuan waktu, maka:

$$p \times \dot{V} = \dot{n} \times \bar{R} \times T \quad (6)$$

$$\dot{\eta} = \frac{p \times \dot{V}}{\bar{R} \times T} \quad (7)$$

Dimana:

p = Tekanan Gas ideal (1 atm = 100 kPa)

\dot{V} = Volume per satuan waktu (liter/s)

\bar{R} = Konstanta Gasideal (8.314472 J/mol.K)

\dot{n} = Mol per satuan waktu (Mol/s)

T = 298 K (STP)

$$\text{output} = P_{gen} = V \times I$$

Maka nilai Effisiensi dari generator gas HHO:

$$\eta = \frac{\Delta h_f \times \dot{\eta}}{(V \times I)} \times 100\% \quad (8)$$

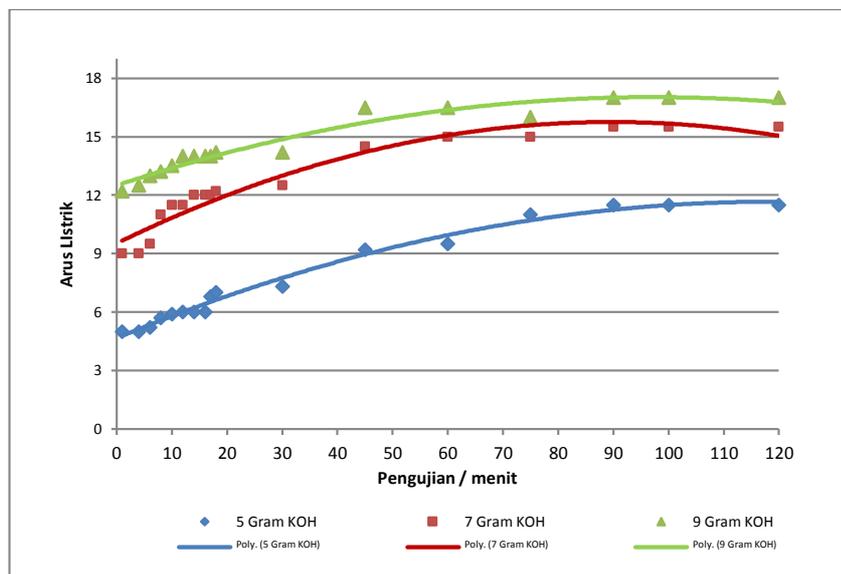
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 5 ditampilkan hubungan arus listrik yang dihasilkan terhadap waktu dengan variasi harga berat dari KOH. Dari Gambar 5 terlihat bahwa peningkatan kecepatan proses elektrolisis ini disebabkan oleh berkurangnya hambatan antara cairan elektrolit dan elektroda, dengan tegangan listrik yang sama seiring mengecilnya hambatan maka jumlah arus listrik akan semakin besar.

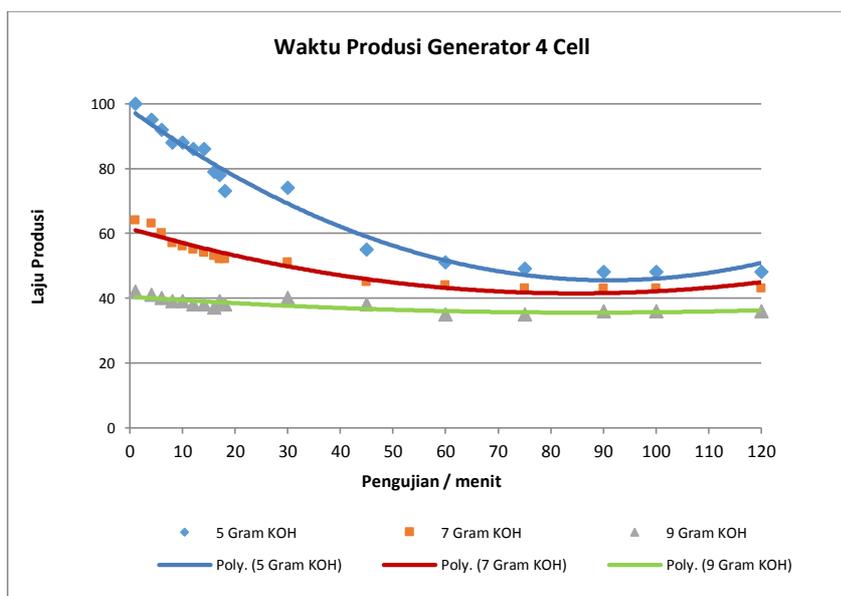
Hasil pengujian generator pada Gambar 5 di atas dilakukan selama 120 menit. Dari hasil uji terlihat bahwa jumlah campuran larutan elektrolit (KOH) mempengaruhi besarnya arus listrik yang dihasilkan. Semakin besar jumlah KOH yang digunakan semakin besar jumlah arus listrik yang dihasilkan untuk proses kerja pada generator HHO, ini disebabkan oleh berkurangnya hambatan antara cairan elektrolit dan elektroda, dengan tegangan listrik yang sama seiring mengecilnya hambatan maka jumlah arus listrik akan semakin besar. Larutan elektrolit akan mempengaruhi besarnya energi yang dibutuhkan agar bias terjadi reaksi kimia dalam larutan. Larutan elektrolit yang mengandung ion-ion (anion dan kation) berguna

sebagai penghantar arus listrik, hal inilah yang mempengaruhi besarnya arus listrik. Efek dari arus listrik yang semakin besar menyebabkan pergerakan ion-ion tersebut akan semakin cepat. Semakin cepat pergerakan ion-ion akan menimbulkan gesekan antara ion yang semakin besar sehingga temperatur larutan semakin tinggi dan semakin lama suatu larutan bereaksi menyebabkan kondisi larutan akan semakin jenuh hal inilah yang menyebabkan berkurangnya nilai arus listrik saat melakukan pengujian pada menit ke 100.

Pada Gambar 6 diperlihatkan hubungan antara laju produksi gas HHO generator 4 cell terhadap lamanya waktu pengujian. Hasil dari elektrolisis air pada generator gas HHO tipe *dry cell* ini produk utamanya ialah gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) atau dapat dituliskan sebagai gas HHO. semua data yang tertulis dalam grafik adalah gas HHO, artinya terdiri dari gas H_2 dan gas O_2 , sehingga untuk mengetahui seberapa banyak gas HHO yang dihasilkan oleh generator gas HHO tersebut dapat dilihat dari laju produksi gas yang dihasilkan.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Arus Listrik

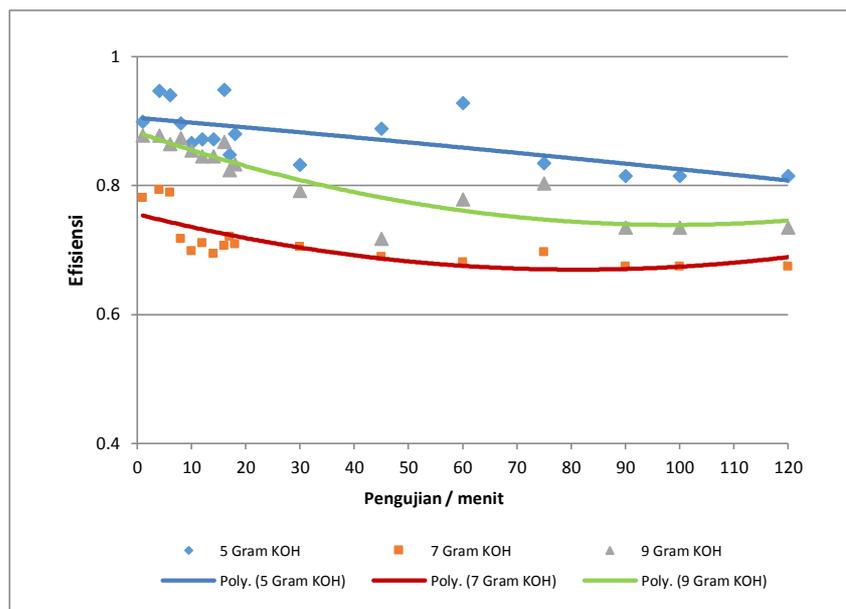


Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Produksi HHO

Waktu dan lama serta perlakuan pengambilan data hasil uji generator pada Gambar 6 diambil bersamaan dengan hasil uji arus listrik pada generator HHO. Dari hasil uji gambar 6 diatas terlihat tren yang berbanding lurus dengan hasil pengujian arus yaitu pada gambar 5, dimana semakin besar arus atau energi listrik yang diberikan pada pengujian generator maka akan semakin besar laju prduksi gas HHO yang dihasilkan, karna jika arus listrik semakin besar pergerakan ion-ion yang bekerja dalam generator HHO akan semakin cepat. Semakin cepat pergerakan ion-ion akan menimbulkan gesekan antara ion yang semakin besar sehingga temperatur larutan semakin tinggi dan semakin lama suatu larutan bereaksi menyebabkan kondisi larutan akan semakin jenuh, sehingga berkurangnya laju produksi gas HHO serta menemukan titik stabilnya laju produksi gas HHO di menit ke 75 pada 5 dan 7 gram KOH jika dibandingkan dengan 9 gram KOH yang cenderung stabil dari awal waktu percobaan sampai akhir, jika tempratur semakin naik maka akan lebih banyak energi yang keluar disebabkan tidak adanya penyimpan panas sehingga berkurangnya kemampuan elektrolisasi pada generator yang berakibat terhadap ikut berkurangnya hasil produksi gas HHO dari awal percobaan sampai akhir percobaan.

Pada Gambar 7 diperlihatkan efisiensi dari generator untuk waktu percobaan selama 120 menit. Dari gambar 7 diatas terlihat trendline grafik yang memiliki karakteristik bahwa jumlah KOH yang sedikit (5 gram) memiliki nilai efisiensi yang paling tinggi dengan nilai rata-rata 89,39 %. Ini di sebabkan oleh jumlah produksi gas HHO yang dihasilkan pada saat menit 75 sampai 120 cenderung sama besar dengan jumlah KOH 7 dan 9, sedangkan energi yang di butuhkan (terlihat pada grafik gambar 5) hanya sedikit dibandingkan dengan penambahan 7 dan 9 gram KOH. Sehingga nilai efisiensi pada penambahan 5 gram KOH lebih tinggi.

Nilai efisiensi terendah terlihat pada penambahan 7 gram KOH yaitu senilai 72,29 %. Ini disebabkan karna rata-rata produksi gas HHO yang cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan energi yang diperlukan pada saat elektrolisa terjadi. Sedangkan untuk nilai efisiensi dengan penambahan 9 gram KOH lebih besar dari 9 gram KOH disebabkan jumlah produksi gas HHO yang cenderung lebih stabil dari waktu menit pertama percobaan sampai akhir percobaan.



Gambar 7. Grafik Hasil Efisiensi Generator HHO

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dan saran dari penelitian ini adalah: (1) Dari hasil penelitian di atas membuktikan besarnya pengaruh jumlah KOH yang di tambahkan pada larutan elektrolisa HHO terhadap daya, laju produksi gas HHO dan nilai efisiensi. Jumlah produksi gas HHO terbanyak terdapat pada penambahan KOH 9 gram serta produksi yang lebih stabil jika dibandingkan dengan penambahan 5 gram KOH yang cenderung menghasilkan sedikit gas HHO pada awal-awal terjadinya elektrolisa. Ini akan menyebabkan kurang bagusnya jika gas yang dihasilkan langsung diaplikasikan pada kendaraan; (2) Penulis menyarankan, jika dari hasil pengujian di atas akan diaplikasikan pada kendaraan agar menggunakan penambahan KOH sebanyak 9 gram, karna produksi gas HHO lebih stabil dibandingkan dengan penambahan 5 dan 7 gram KOH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ammar dan Al-Rousan “Reduction of fuel consumption in gasoline engines by introducing HHO gas into intake manifold” fuel, Vol. 35, pp. 12930-12935.
- [2] Based on JANAF Thermochemical Tables, NSRDS-NBS-37, (1971); *Selected Value Note* 270-3, 1968; and *API Research Project 44*, Carnegie Press, 1953. Heating values calculated.
- [3] H. M. Cobb. *Steel Product Manual: Stainless Steel*. Warrendale P.A: Iron & Steel Society, 1999.
- [4] H. L. Guntur, S. B. Rasiawan, I. N. Sutantra, “Pengembangan Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun pada Mesin Mobil 1300cc dengan Sistem Karburator”, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 13, No. 1, 2011, pp. 13-17.
- [5] K. S. Gaikwad, “Development of a Solid Electrolyte for Hydrogen Production”. Thesis. Master of Science in Electrical Engineering Department of Electrical Engineering College

of Engineering University of South Florida, 2004.

- [6] Lowrie, Peter. W.E. *Electrolytic Gas*. [http://waterpoweredcar.com /pdf.files/egas - calculations.pdf](http://waterpoweredcar.com/pdf.files/egas_calculations.pdf), 2005.
- [7] S. A. Musmar dan A. A. Al-Rousan, “Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines”. *Fuel*, Vol. 90, pp. 3066-3070.
- [8] Nofriyandi. R, “Studi eksperimen pengaruh penggunaan KOH terhadap performance generator HHO tipe *dry cell* berdiamensi 3.316 mm²”. Dalam *National Conference of Applied Sciences, Engineering, Business and Information Technology Politeknik Negeri Padang*, 2016.
- [9] Pusdatin ESDM. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta, 2010.
- [10] Pusdatin ESDM. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta, 2011.
- [11] D. Widyantara. “Pengaruh Penambahan Generator HHO dengan Variasi Rangkaian Generator HHO Seri dan Paralel Terhadap Unjuk Kerja Mesin Honda Supra X 125 PGM-FI”. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.
- [12] Yilmaz, Ali Can., Erinc., Uludamar., Aydin Kadir, “Effect of Hydroxy (HHO) Gas Addition on Performance and Exhaust Emissions in Compression Ignition Engines”. *Hydrogen Energy*, Vol. 35, pp. 11366-11372, 2010.

BIODATA PENULIS

Nofriyandi. R., S.Pd., M.T., memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd), Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik [Universitas Negeri Padang], lulus tahun 2011. Tahun 2014 memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) dari Program Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin [Institut Teknologi Sepuluh November]. Saat ini sebagai Staf pada Jurusan/Prodi Teknik Mesin [Universitas Dharma Andalas].