

## Uji Karakteristik dan Efisiensi Generator Gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Jenis Wet Cell 6 Ruang

Harus Laksana Guntur, Iqbal Wahyudin dan Fariz Hidayat

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITS  
Jl. Arif Rahman Hakim, Kampus ITS Keputih, Sukolilo-Surabaya (60111)  
Jawa Timur, Indonesia

Phone: +62-31-5946230, FAX: +62-31-5922941, E-mail: [haruslg@me.its.ac.id](mailto:haruslg@me.its.ac.id)

### Abstrak

Generator brown gas atau gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sudah banyak diteliti dan bahkan dijual dipasaran karena diklaim mampu menghemat konsumsi bahan bakar kendaraan hingga pada tingkat tertentu. Penghematan konsumsi bahan bakar yang bisa dicapai setelah menggunakan gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama ini belum memperhitungkan konsumsi energi listrik yang digunakan untuk memproduksi gas tersebut. Padahal energi listrik yang digunakan untuk memproduksi gas dari proses elektrolisis didapatkan dari *accumulator* kendaraan yang mendapatkan pasokan energi dari sebagian energi putaran *engine*. Sehingga belum bisa dikatakan bahwa pemanfaatan gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bisa menghemat energi sebelum efisiensi energi dari generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ini bisa ditentukan. Paper ini melaporkan hasil rancang bangun, pengujian karakteristik dan penentuan efisiensi dari prototipe generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jenis wet cell model 6 ruang dengan luas elektrode 256cm<sup>2</sup> dan KOH 25% sebagai katalis. Pengujian karakteristik alat meliputi pengukuran konsumsi daya listrik, laju produksi gas dan kandungan gas hidrogen. Dari hasil pengukuran konsumsi daya listrik dan laju produksi gas hidrogen bisa dihitung nilai efisiensi dari alat. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata daya listrik yang dibutuhkan oleh prototipe adalah 40,8 Watt, dengan laju produksi gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebesar 1,73 ml/detik dan kandungan gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) rata-rata 77%. Berdasarkan data kandungan energi gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) per kilogram (LHV=119.950 kJ/gr) dan hasil pengujian kandungan gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) pada produksi gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dapat dihitung efisiensi dari prototipe alat, yaitu sebesar 74%. Hasil ini menunjukkan bahwa prototipe generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bisa menghasilkan energi sebesar 0,74 kali dari total energi listrik yang digunakan.

**Keywords:** efisiensi energi, generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, wet cell, laju produksi, kandungan gas hidrogen.

### Pendahuluan

Generator Brown's gas atau gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> atau gas HHO sudah banyak diteliti dan bahkan dijual dipasaran karena diklaim mampu menghemat konsumsi bahan bakar kendaraan hingga pada tingkat tertentu. Penghematan konsumsi bahan bakar yang bisa dicapai setelah menggunakan gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama ini masih belum memperhitungkan konsumsi energi listrik yang digunakan untuk memproduksi gas tersebut. Padahal energi listrik yang digunakan untuk memproduksi gas dari proses elektrolisis didapatkan dari *accumulator* kendaraan yang mendapatkan pasokan energi dari sebagian energi putaran *engine*. Sehingga belum bisa dikatakan bahwa pemanfaatan gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bisa menghemat energi sebelum efisiensi energi dari generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ini bisa ditentukan.

Gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah gas dari hasil proses elektrolisis air dengan katalisator tertentu (KOH atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Unsur hidrogen dan oksigen murni pada gas HHO memiliki nilai kalor dan oktan yang tinggi. Selain itu, hasil pembakaran dari pencampuran dengan gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dapat mengurangi tingkat polusi (KLH, 1993). Apabila gas

tersebut ditambahkan pada mesin bahan bakar solar atau bensin, maka akan dapat meningkatkan kualitas pembakaran yang disebabkan oleh nilai oktan bahan bakar yang naik.

Penggunaan gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> juga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, seperti yang dilaporkan oleh Goldwitz dan Heywood yang mengoptimalkan kondisi pembakaran mesin *spark ignition* dengan menambahkan hidrogen sebagai suplemen bahan bakar, sehingga menghasilkan efisiensi lebih dari 25% (J.A. Goldwitz, 2005). Penelitian lain dilakukan oleh Verhelst dan Sierents yang telah membandingkan injeksi hidrogen pada mesin *spark ignition* dengan karburator dan dengan sistem injeksi (S. Verhelst, 2005). Dari penelitiannya disimpulkan bahwa mesin *fuel injection* dengan penambahan hidrogen mempunyai daya lebih besar dan resiko *backfiring* lebih kecil. LIPI pada tahun 2008 juga mencoba melakukan injeksi air pada kendaraan 225 cc *spark ignition* dan menghasilkan penurunan emisi gas CO dan HC (LIPI, 2008). Selain itu Christopher juga telah melakukan injeksi air pada mesin disel, dan hasilnya dapat mengurangi emisi NO<sub>x</sub> sebesar 82%

dan serta terjadi peningkatan torsi (J. C. Christopher, 2008). Pada penelitian Lanzafame disebutkan bahwa injeksi air pada mesin *spark ignition* dapat menghilangkan detonasi dan mengurangi NOx lebih dari 50%, kenaikan angka oktan lebih dari 50% dan peningkatan kerja mesin antara 30% - 50% (R. Lanzafame, 1999). Harus LG juga telah mengembangkan generator gas  $H_2O_2$  model 6 ruang dan mangaplikasikannya pada mobil bermesin karburator kapasitas 1000cc dan 1300cc (Harus LG, 2010-2011-2012). Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 30% dan tidak ada perubahan yang signifikan pada hasil pengukuran daya engine.

Paper ini menyajikan hasil pengujian karakteristik dan efisiensi dari sistem pembangkit gas  $H_2O_2$  jenis wet cell 6 ruang. Prototipe sistem pembangkit  $H_2O_2$  jenis wet cell 6 ruang terusun dari pelat SS304 sebagai elektroda (dengan luas elektrode  $256\text{cm}^2$ ) dan KOH 25% sebagai katalis. Uji karakteristik alat dilakukan dengan mengukur konsumsi daya listrik, produksi gas  $H_2O_2$ , kadar hydrogen ( $H_2$ ) yang terkandung pada gas  $H_2O_2$  dan perhitungan nilai efisiensi energi dari alat. Penentuan efisiensi dilakukan dengan membandingkan energi dari hydrogen ( $H_2$ ) yang terkandung pada gas  $H_2O_2$  dengan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh proses elektrolisis.

## Metode Penelitian

### Rancang Bangun Generator Gas $H_2O_2$

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah prototipe sistem pembangkit/generator gas  $H_2O_2$  jenis wet cell 6 ruang yang terusun dari pelat SS304 sebagai elektroda, dengan luas elektrode  $256\text{cm}^2$  dan sebagai katalis digunakan KOH 25%. Pemilihan SS304 sebagai elektrode didasari pada mudahnya metrial ini didapatkan dipasaran, harganya yang lebih murah jika dibanding dengan SS316L, serta efisiensi material SS304 sebagai elektrode tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan SS316L. Gambar 1 menunjukkan prototipe alat hasil rancang bangun.

### Siklus Energi, Uji Performa dan Uji Kadar Hidrogen pada Prototipe Generator Gas $H_2O_2$

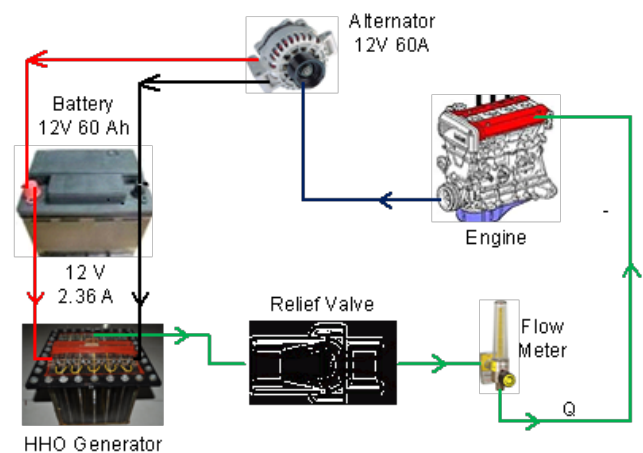
Gambar 2 menunjukkan diagram alir siklus energi pada engine kendaraan dengan penambahan generator gas  $H_2O_2$ . Dari gambar diagram alir siklus energi bisa dijelaskan bahwa penambahan generator gas  $H_2O_2$  tidak bisa mengabaikan konsumsi energi listrik yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis. Karena energi listrik dari accumulator mendapatkan pasokan energi dengan mengambil sebagian dari energi putaran engine (+-1kW) sesuai standard yang diijinkan. Untuk bisa menentukan bahwa pemanfaatan gas  $H_2O_2$

benar-benar bisa menghemat energi harus bisa diketahui berapa efisiensi energi dari generator gas  $H_2O_2$  yang digunakan.

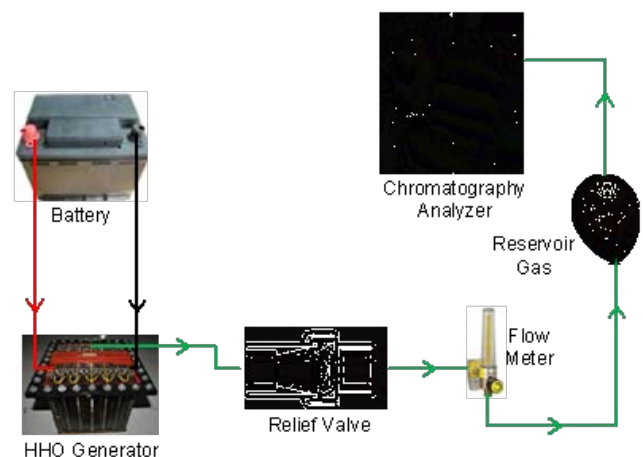
Untuk itu, kami lakukan pengujian karakteristik dari prototipe alat dengan mengukur konsumsi daya listrik yang dibutuhkan, laju produksi gas, kadar hydrogen ( $H_2$ ) yang terkandung pada gas  $H_2O_2$  dan perhitungan nilai efisiensi energi dari alat. Gambar 3 menunjukkan skema pengukuran konsumsi daya listrik yang dibutuhkan, laju produksi gas, kadar hydrogen ( $H_2$ ) yang terkandung pada gas  $H_2O_2$ . Gambar 4 menunjukkan foto alat ukur kadar gas hydrogen ( $H_2$ ).



Gambar 1. Prototipe generator gas  $H_2O_2$  jenis wet cell 6 ruang.



Gambar 2. Siklus energi pada engine kendaraan dengan penambahan generator gas  $H_2O_2$ .



Gambar 3. Skema pengukuran daya dan laju produksi gas pada generator gas  $H_2O_2$ .

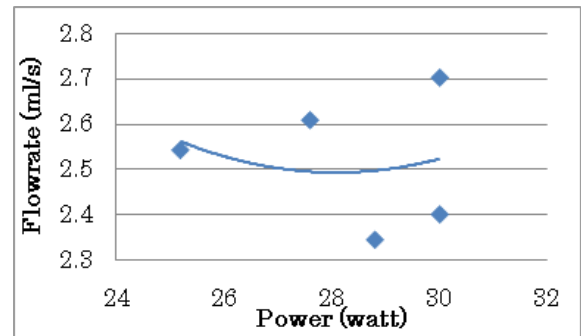
**Hasil dan Pembahasan**

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil pengukuran konsumsi daya listrik dan laju produksi gas pada pengujian prototype generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang dilakukan 5 kali pengambilan. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata laju produksi gas sebesar 2,51 ml/s dan konsumsi daya listrik sebesar 28,32 Watt.

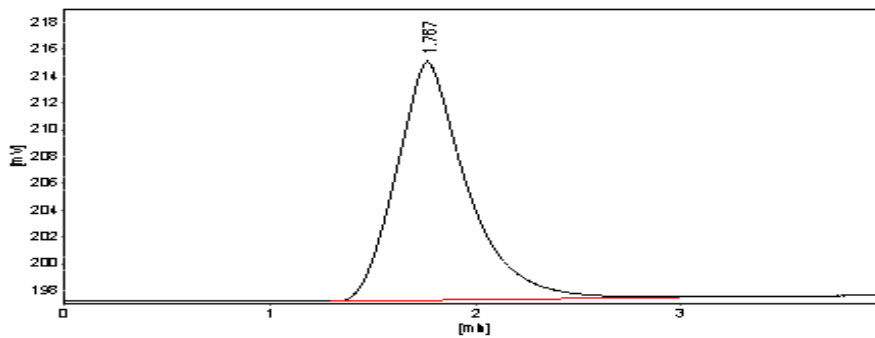
Produksi gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dari prototype alat kemudian diuji dengan ukur kadar gas hydrogen (H<sub>2</sub>), chromatography analyzer. Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran standard hydrogen (H<sub>2</sub>) 100% dengan chromatography analyzer yang akan dijadikan acuan dalam penentuan kadar hydrogen pada gas yang akan diuji. Sedangkan gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran kadar hydrogen pada gas uji (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dengan chromatography analyzer.



**Gambar 4.** Foto alat ukur kadar gas hydrogen (H<sub>2</sub>), chromatography analyzer.



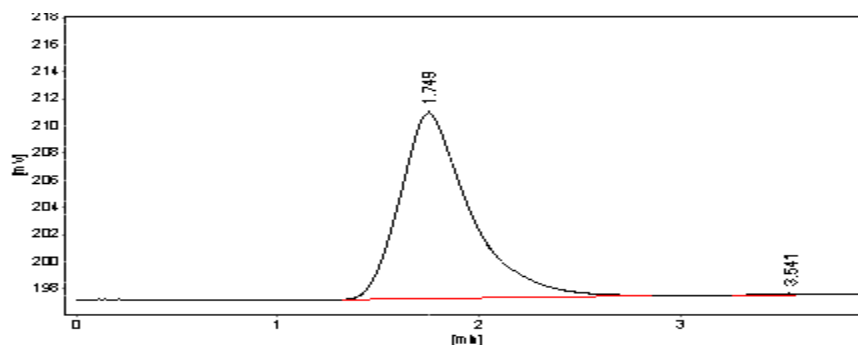
**Gambar 5.** Laju produksi gas sebagai fungsi konsumsi daya listrik.



**General Results**

Nos.	Compound	R.Time	Height[uV]	Area[uV*S]	Area%	Conc. (%)	Type
1	Hydrogen	1.767	17732	423215	100.00000	100.00000	BB
<b>Total:</b>			17732	423215	100.00000	100.00000	

**Gambar 6.** Hasil pengukuran standard hydrogen (H<sub>2</sub>) 100% dengan chromatography analyzer.



**General Results**

Nos.	Compound	R.Time	Height[uV]	Area[uV*S]	Area%	Conc. (%)	Type
1	Hydrogen	1.749	13653	328725	99.91971	99.91971	BB
2		3.541	14	264	0.08029	0.08029	BB
<b>Total:</b>			13667	328989	100.00000	100.00000	

**Gambar 7.** Hasil pengukuran kadar hydrogen pada gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan chromatography analyzer.

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran laju produksi gas dan konsumsi daya listrik dari prototipe alat.

Data hasil pengukuran laju produksi gas dan konsumsi daya listrik prototipe alat.					
Data ke-	Arus (Amp)	Debit (ml)	Waktu (s)	Flowrate (ml/s)	P (watt)
1	2,1	300	118	2,54	25,2
2	2,5	300	111	2,70	30
3	2,3	300	115	2,60	27,6
4	2,5	300	125	2,4	30
5	2,4	300	128	2,34	28,8
Rata-rata	2,36	300	119,4	2,51	28,32

Kandungan/kadar hydrogen pada gas uji (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) didapatkan dengan membandingkan luasan kurva dari gas hydrogen pada gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan standard hydrogen 100%, yaitu sebesar 77,67 %. Dari hasil pengukuran kadar gas hydrogen pada gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (77,67 %), laju produksi gas, konsumsi daya listrik alat, massa jenis hydrogen (0,8988 mgr/ml), LHV hydrogen (119.950kJ/gr), maka efisiensi dari prototipe generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bisa didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{\%H_2 \times \dot{Q} \times \rho \times LHV}{P} \times 100\%$$

$$Efisiensi = \frac{0,7767 \times 2,52 \text{ ml/s} \times 0,8988 \text{ mgr/ml} \times 119.950 \text{ kJ/gr}}{2,36 \text{ ampere} \times 12 \text{ volt}} \times 100\%$$

$$Efisiensi = 74\%$$

## Kesimpulan

Paper ini melaporkan hasil rancangbangun, pengujian karakteristik dan penentuan efisiensi dari prototipe generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jenis wet cell model 6 ruang dengan luas elektrode 256cm<sup>2</sup> dan KOH 25% sebagai katalis. Pengujian karakteristik alat meliputi pengukuran konsumsi daya listrik, laju produksi gas dan kandungan gas hidrogen. Dari hasil pengukuran konsumsi daya listrik dan laju produksi gas hidrogen bisa dihitung nilai efisiensi dari alat. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata daya listrik yang dibutuhkan oleh prototipe adalah 40,8Watt, dengan laju produksi gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebesar 1,73ml/detik dan kandungan gas Hidrogen(H<sub>2</sub>) rata-rata 77%. Berdasarkan data kandungan energi gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) per kilogram (LHV=119.950kJ/gr) dan hasil pengujian kandungan gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) pada produksi gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dapat dihitung efisiensi dari prototipe alat, yaitu sebesar 74%. Hasil ini menunjukkan bahwa prototipe generator gas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bisa menghasilkan energi sebesar 0,74 kali dari total energi listrik yang digunakan.

## Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Program Insentif Riset Terapan Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini.

## Nomenklatur

- Q Laju produksi gas (ml.s<sup>-1</sup>)  
 P Konsumsi daya listrik (Watt)  
 I Arus listrik (Amp)  
 V Voltase (Volt)  
*Greek letters*  
 ρ Massa jenis hydrogen(mgr/ml)

## Referensi

- KLH, Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor, No.35, Jakarta(1993).
- J.A. Goldwitz, J.B. Heywood, Combustion optimization in a hydrogen-enhanced lean-burn SI engine, SAE paper no. 01-0251(2005).
- S. Verhelst, R. Sierens, Aspects concerning the optimisation of a hydrogen fueled engine. Int J Hydrogen Energy; 26: 981–5(2005).
- LIPI, Pengujian Water and Air Injection, Lab Motor Bakar LIPI(2008).
- J. C. Christoper, J.B.D. Philip, Effect of diesel and water co-injection with real time control on diesel engine performance and emissions,SAE Int. World congress, Detroid(2008).
- R. Lanzafame, Water injection effects in asingle-cylinder CFR engine. SAE Int. Congress and exposition Detroit, Micigan(1999).
- Harus LG, A.Hakim, B.Sampurno dan I Nyoman Sutantra, Aplikasi Brown Gas (HHO) pada Mobil Bermesin Karburator Kapasitas 1000cc. Proseeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-10, Universitas Brawijaya, Malang,2-3 November (2011).
- Harus LG, Rasiawan, B.Sampurno dan I Nyoman Sutantra,Pengembangan Elektroliser Gas HHO dengan Sistem Pengendali Laju Produksi. Seminar Nasional TahunanTeknik Mesin (SNTTM) ke-9, UNSRI, Palembang, 13-15 Oktober (2010).
- Harus LG, Rasiawan, B.Sampurno dan I Nyoman Sutantra, Pengembangan Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun Seri pada Mesin Mobil

1300cc dengan Sistem Karburator. Jurnal Teknik Mesin UK Petra, Vol.13, No.1,pp.13-17,April (2011).

Harus LG, Fariz Hidayat, Iqbal Wahyudin, I Nyoman Sutantra, Pengembangan Sistem Pembangkit HHO-Wet Cell Dua Ruang dan Aplikasinya pada Kendaraan Bermesin Karburator 1300cc dan 1500cc, Seminar Nasional Teknik Mesin, UK Petra (2012).

JANAF,Thermochemical Tables, NSRDS-NBS-37, 1971:Selected Values of Chemical Thermodynamics Properties, NBS Tech.