

PENGEMBANGAN ELEKTROLISER GAS HHO DENGAN SISTEM PENGENDALI LAJU PRODUKSI

Harus LG¹⁾, Rasiawan²⁾, B.Sampurno¹⁾, I Nyoman Sutantra¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITS

²⁾Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, ITS

Jl.Arif Rahman Hakim, Kampus ITS Keputih, Sukolilo-Surabaya (60111)

Jawa Timur, Indonesia

Phone: +62-31-5946230, FAX: +62-31-5922941, E-mail: masharus@me.its.ac.id

ABSTRAK

H₂O₂ atau HHO adalah gas hasil elektrolisis air yang selama ini digunakan sebagai campuran BBM pada mesin pembakaran dalam. Penerapan injeksi gas HHO tanpa memperhatikan yang takterkendali dapat menurunkan kualitas pembakaran. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan dan pengujian karakteristik dari elektroliser gas HHO melalui model 6 tabung tersusun seri dengan tegangan kerja tiap sel sebesar 2 volt. Pengaturan arus dilakukan melalui Pulse Width Modulation (PWM) untuk memvariasikan produksi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi arus maksimum sebesar 7,8 A menghasilkan laju produksi gas 6,5 ml/s dan laju masa air yang terbawa aliran gas sebesar 26,5 mg/s. Efisiensi sistem elektrolisis yang dibuat mencapai 56%. Produksi gas dapat diseting mulai aktif pada putaran mesin diatas idle dan laju aliran gas dapat divariasikan berdasarkan putaran mesin.

Kata kunci: Air, gas HHO, elektrolisis, pengaturan arus, laju produksi, terkendali

1. Pendahuluan

Salah satu bentuk inovasi untuk melakukan efisiensi energi pada kendaraan adalah dengan menambahkan/menginjeksikan gas HHO (*Brown gas*) mesin pembakaran dalam bersama dengan BBM. Gas HHO ini dihasilkan dari proses elektrolisis air dengan penambahan katalis KOH atau NaOH. Penambahan gas HHO pada mesin pembakaran dalam dapat meningkatkan kualitas pembakaran karena gas ini memiliki nilai kalor dan oktan yang tinggi.

Bahan bakar yang diperkaya hidrogen mampu menurunkan emisi gas NOx dan HC [1]. Mesin dengan bahan bakar konvensional yang diinjeksi hidrogen dapat menghilangkan *knock* dan *backfiring*. Efek penambahan hidrogen pada mesin *spark ignition* (SI) dapat menaikkan efisiensi termal sebesar 14% dan emisi NOx dapat berkurang hingga 95% [2]. Optimasi kondisi pembakaran pada mesin *spark ignition* dengan menambahkan hidrogen sebagai suplemen bahan bakar mampu menaikkan efisiensi lebih dari 25% [3]. Dari penelitian sebelumnya telah dibandingkan injeksi hidrogen pada mesin *spark ignition* dengan karburator dan mesin dengan sistem injeksi. Hasilnya adalah mesin *fuel injection* dengan penambahan hidrogen mempunyai daya lebih besar dan resiko *backfiring* lebih kecil [4].

Metode lain untuk menaikkan performa kendaraan

adalah dengan injeksi air kedalam saluran masuk suplai campuran bahan bakar-udara. Pada uji coba kendaraan 225 cc *spark ignition* diperoleh hasil penurunan emisi gas buang CO dan HC [5]. Pada mesin diesel, injeksi air dapat mengurangi emisi NOx hingga 82% dan torsi menjadi lebih besar [6]. Injeksi air pada mesin *spark ignition* dapat menghilangkan detonasi dan mengurangi NOx lebih dari 50%, angka oktan naik dan meningkatkan kerja mesin antara 30% sampai 50% [7]. Dengan sistem injeksi air dapat mendinginkan mesin karena panas laten air yang tinggi. Eksperimen lebih lanjut berhasil meningkatkan daya mesin yang semula 2000 HP menjadi 3800 HP [8].

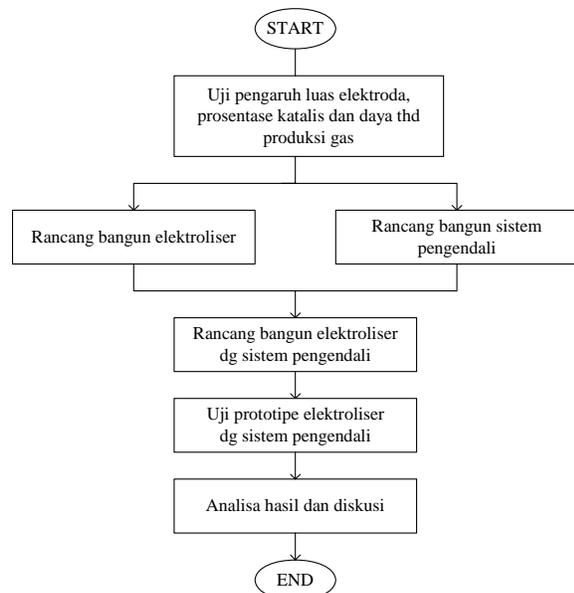
Pada penelitian ini dilakukan pembuatan dan pengujian karakteristik dari elektroliser gas HHO melalui model 6 ruang (*chamber*) tersusun seri dengan tegangan kerja tiap sel sebesar 2 volt dengan sistem pengendali laju produksi. Pengaturan arus dilakukan melalui *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk memvariasikan produksi gas. Produksi gas dapat diseting mulai aktif pada putaran mesin diatas idle dan laju aliran gas dapat divariasikan berdasarkan putaran mesin. Hubungan antara konsumsi daya dan laju produksi gas HHO diteliti dan efisiensi dari elektroliser dihitung.



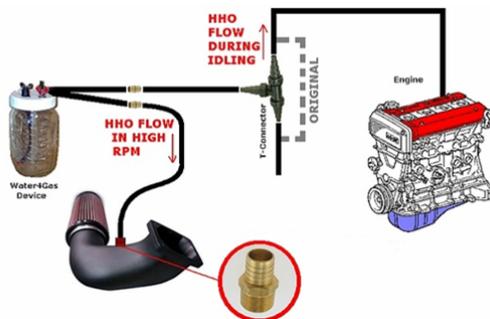
2. Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir metode penelitian. Secara umum, penelitian ini diselesaikan dalam beberapa tahap utama, yaitu: 1. Uji pengaruh luas elektroda, prosentase katalis (KOH) dan daya terhadap laju produksi gas HHO pada elektroliser satu kamar (*single chamber*), 2. Rancang bangun elektroliser 6 kamar (*six chamber*), 3. Rancang bangun sistem pengendali laju produksi pada elektroliser 6 kamar, 4. Rancang bangun elektroliser 6 kamar dengan sistem pengendali, 5. Uji prototipe dan kompilasi hasil.

Konsep awal yang dijadikan referensi adalah konsep yang sudah ada dengan beberapa keunggulan dan kelemahan sehingga pada perancangan selanjutnya dapat dibuat rancangan yang lebih baik. Ditunjukkan pada gambar 2, terdapat tabung diisi dengan larutan elektrolit yang terdiri dari air dan tambahan KOH. Kemudian sepasang elektroda dimasukkan dan ditutup rapat dengan diberi saluran gas keluar untuk suplai mesin kendaraan. Elektroda diberi tegangan 12 volt dan akan terjadi proses elektrolisis dengan laju produksi gas relatif konstan.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian



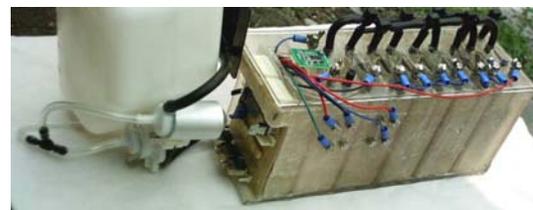
Gambar 2. Skema sistem suplai gas HHO pada mesin kendaraan. (sumber: www.water4gas.com)

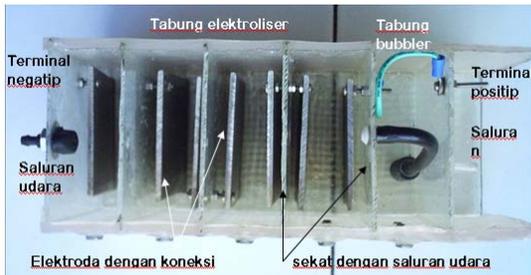
Model pengaturan sistem ini adalah *on-off* berdasarkan saklar *ignition*. Model pengembangannya adalah dengan memasang beberapa tabung disusun secara seri. Sistem ini memiliki beberapa kelemahan yaitu:

- Laju aliran produk gas relatif konstan sehingga pada kecepatan tertentu tidak bermanfaat.
- Kenaikan produksi gas dikarenakan kenaikan tegangan terutama pada putaran mesin tinggi yang menyebabkan kenaikan temperatur dan korosi pada elektroda.
- Uap air yang ikut mengalir dalam produk gas dapat menempel pada saluran selang vakum maupun inlet mesin terutama pada kondisi mesin sudah dingin. Hal tersebut dapat meningkatkan resiko korosi pada komponen mesin.
- Mudah terjadi kebocoran terutama pada daerah sambungan dan terminal tegangan.
- Banyaknya tabung yang terpasang menyulitkan penempatan pada ruang mesin.

Beberapa konsep perbaikan dilakukan untuk memperbaiki konsep referensi seperti ditunjukkan pada gambar berikut:

- Beberapa tabung elektroliser, tabung bubbler dan ruang elektronik kontrol sudah terintegrasi sehingga lebih praktis dan tidak mudah bocor.
- Produksi gas mengikuti bukaan throttle valve atau putaran mesin sehingga penggunaan suplai listrik lebih efektif.
- Pengaturan arus elektroda dapat dilakukan melalui nilai putaran atau rpm mesin. Dengan metode ini rangkaian cukup dikoneksikan ke terminal negatif (-) *coil* pengapian sehingga pemasangannya lebih praktis.
- Kerja alat dapat diseting yaitu di atas temperatur kerja mesin.



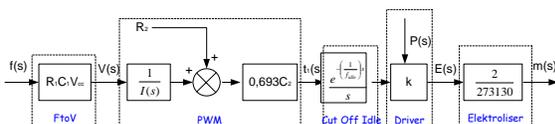


Gambar 3. Prototipe elektroliser

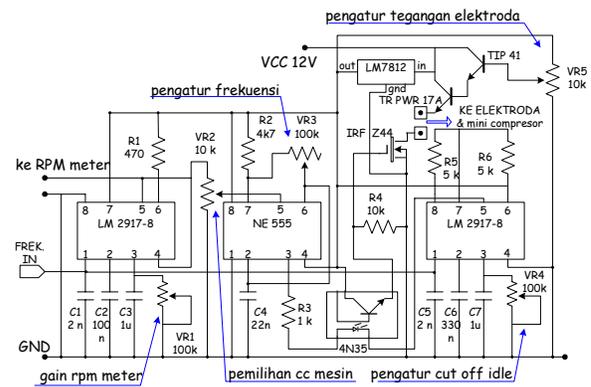
3. Sistem Pengendali Laju Produksi

Sistem pengendali dibuat dengan tujuan untuk mengendalikan laju produksi gas HHO pada elektroliser. Pada kondisi kendaraan berhenti misalnya pada saat start atau saat mesin akan dimatikan, proses elektrolisis akan dihentikan. Kontrol ini berdasarkan sensor putaran dan sistem *cut off idle* yang dapat diseting pada frekuensi tertentu. Hal ini berguna untuk menghemat pemakaian listrik dan air serta mengurangi resiko adanya uap air yang terperangkap dalam blok silinder. Air tersebut dapat mengganggu proses pembakaran pada kecepatan rendah, bahkan dapat membuat korosi jika mesin dalam kondisi dingin. Pada kondisi jalan terjadi variasi kecepatan, sistem pengendali harus dapat mengatur suplai gas elektrolisis dan uap air yang sesuai untuk meningkatkan kualitas pembakaran. Diagram blok dari sistem elektroliser dan pengaturannya terlihat pada gambar 4.

Sebagai *set point* digunakan frekuensi dari putaran mesin (f) yang diubah menjadi tegangan (V) oleh IC 2917 yang besarnya adalah $V = f \cdot R_1 \cdot C_1 \cdot V_{cc}$. Tegangan tersebut selanjutnya diubah menjadi *pulsa width modulation* (PWM) dengan lebar pulsa positif sebesar t_1 per siklus PWM. Besarnya t_1 adalah $(V / I + R_2) \cdot 0,693C_2$. Selanjutnya dengan waktu t_1 dan daya listrik sebesar P menghasilkan energi listrik yaitu E untuk tiap siklus PWM. Energi tersebut digunakan untuk memproduksi gas hidrogen. Agar sistem hanya bekerja pada frekuensi diatas idle maka diperlukan fungsi tangga satuan yaitu fungsi $u(f - f_{idle})$. Fungsi ini dijalankan rangkaian *cut off idle*. Adapun rangkaian kontroler elektroliser ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 4. Diagram blok sistem pengendalian dengan Cut Off Idle.

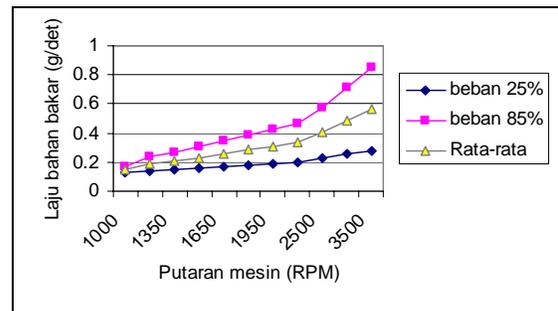


Gambar 5. Rangkaian sistem pengendali elektroliser.

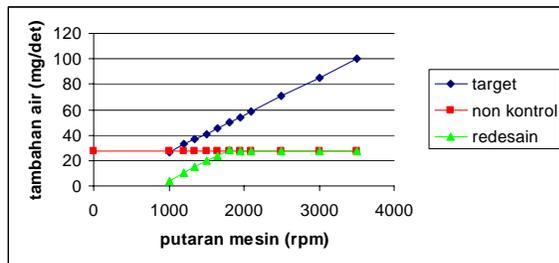
4. Hasil dan Diskusi

Torsi terbaik mesin adalah pada rasio udara-bahan bakar (*Air Fuel Rasio / AFR*) sebesar 12,5 : 1. Kerugian dari kondisi rasio ini adalah boros bahan bakar, kenaikan emisi CO dan HC. Agar tidak terjadi pemborosan dan penurunan kualitas emisi gas buang maka bahan bakar tetap pada rasio target sebesar 14,7 : 1 dan ditambahkan air atau uap air sebagai pengganti untuk mencapai perbandingan 12,5 : 1. Pada kondisi tersebut diperlukan tambahan 0,176 gram air per detik. Dari hasil penguapapan elektrolisis dan air yang terbawa gelembung gas adalah 26,5 miligram/detik. Nilai tersebut dapat menyumbangkan hampir 1/6 kebutuhan tambahan air dari nilai optimumnya.

Untuk mendapatkan proporsi jumlah gas HHO yang diinginkan maka terlebih dahulu dilakukan pengujian hubungan kebutuhan bahan bakar terhadap putaran mesin. Dari data diatas dapat diamati bahwa konsumsi bahan bakar tergantung pada nilai rpm dan beban kendaraan. Dengan menggunakan hasil rata-ratanya, maka dapat kita hitung laju tambahan gas HHO yang diinginkan berdasarkan nilai kecepatannya. Kemampuan alat yang dibuat dapat mensuplai 1/6 kebutuhan air untuk mencapai rasio *best power*. Jika digunakan kemampuan maksimumnya, yaitu produksi gas langsung disuplai 6,5 ml beserta 26,5 mg air yang ikut terbawa maka kondisi kerja yang dapat dicapai adalah peningkatan torsi.



Gambar 6. Grafik kebutuhan bahan bakar terhadap putaran mesin



Gambar 7. Grafik tambahan air target pada elektroliser dengan dan tanpa pengendali.

Kenaikan torsi terbesar adalah pada putaran 1000 rpm karena nilai AFR seolah-olah telah bergeser sebesar: 12,5 : 1, sedangkan kenaikan rpm menyebabkan rasionya semakin membesar mendekati nilai standard 14,7 : 1.

Jika menggunakan kemampuan pengaturan produksi gas mengikuti rpm maka dapat diperoleh kenaikan torsi dan kenaikan nilai ekonomis, karena dengan adanya tambahan air maka rasio bahan bakar sesungguhnya dapat diseting lebih hemat (AFR diatas 14,7) tanpa khawatir terjadi kenaikan temperatur dan penurunan torsi.

Hasil yang didapatkan dari elektroliser masih belum mencapai target yang diharapkan karena kemampuan produksi gas masih belum optimal mencapai AFR pada kondisi *best power*. Dari kemampuan produksi gas yang terbatas tidak memungkinkan untuk mensuplai semua kebutuhan bahan bakar pada berbagai putaran mesin, sehingga perlu dilakukan seting ulang gradien dari produksi gas terhadap putaran mesin. Seperti terlihat pada gambar 6, dari hasil redesain diperoleh hasil: pada putaran *idle* sampai 1740 maka produksi brown gas mengikuti gradien kemiringan target sedangkan pada putaran diatas 1740 rpm laju produksi gas elektrolisis adalah konstan yaitu nilai maksimum kemampuan alat sebesar 6,5 ml/det dan laju air yang ikut serta sebesar 26,5 mg/det.

Gambar 7 juga menunjukkan karakteristik sistem brown gas tanpa control. Kondisi sistem brown gas tanpa control menyebabkan produksi gas akan dimulai pada kondisi saklar *ignition* dinyalakan (*starter*). Pada kondisi tersebut putaran mesin masih sangat rendah, tidak stabil atau bahkan belum berjalan, sehingga sangat beresiko adanya banyak air dalam silinder blok.

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem elektroliser yang dirancang dengan konsumsi arus maksimum sebesar 7,8 A menghasilkan laju produksi

gas 6,5 ml/s dan laju masa air yang terbawa aliran gas sebesar 26,5 mg/s. Efisiensi sitem elektrolisis yang dibuat mencapai 56%. Produksi gas dapat diseting mulai aktif pada putaran mesin diatas *idle*. Laju aliran gas dapat divariasikan berdasarkan putaran mesin. Peranan gas HHO adalah adanya kandungan air dapat mendinginkan mesin dan memperbaiki torsi, sedangkan adanya gas hidrogen dan oksigen dapat membawa molekul air tersebar merata secara homogen.

Penghargaan/Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini melalui program INSENTIF RISTEK (Riset Terapan) dengan kode riset:RT-2010-2394.

Referensi

- 1) R.F. Horng, Y.P. Chang, H.H. Huang, M.P. Lai, *Driving characteristics of a motorcycle fuelled with hydrogen-rich gas produced by an onboard plasma reformer*, Int J Hydrogen Energy (2008).
- 2) T. Suzuki, Y. Sakurai, *Effect of hydrogen rich gas and gasoline mixed combustion on spark ignition engine*, SAE paper no. 01-3379 (2006).
- 3) J.A. Goldwitz, J.B. Heywood, *Combustion optimization in a hydrogen-enhanced lean-burn SI engine*, SAE paper no. 01-0251 (2005).
- 4) S. Verhelst, R. Sierens, *Aspects concerning the optimisation of a hydrogen fueled engine*. Int J Hydrogen Energy; 26: 981-5 (2005).
- 5) LIPI, *Pengujian Water and Air Injection*, Lab Motor Bakar LIPI (2008).
- 6) R. Lanzafame, *Water injection effects in a single-cylinder CFR engine*. SAE Int. Congress and exposition Detroit, Michigan (1999).
- 7) J. C. Christopher, 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, Detroit (2008).
- 8) D. Labonte, *Water Injection for Gasoline Engines*, Labonte MotorSports.

