

Pengembangan Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun pada Mesin Mobil 1300cc dengan Sistem Karburator

Harus Laksana Guntur, Rasiawan, B. Sampurno, dan I Nyoman Sutantra
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Email: masharus@me.its.ac.id

ABSTRAK

Brown gas, yang juga dikenal dengan nama kimia H_2O_2 (Oxyhydrogen) adalah gas hasil elektrolisis air yang bisa digunakan sebagai campuran BBM pada mesin pembakaran dalam. Penerapan injeksi Brown gas yang tidak terkontrol justru bisa menurunkan kualitas pembakaran. Pada artikel ini dilaporkan hasil pengembangan dan pengujian sistem suplai Brown gas model 6 ruang tersusun seri dengan sistem pengendalian laju produksi. Pengendalian laju produksi Brown gas dilakukan dengan pengaturan arus melalui *Pulse Width Modulation* (PWM). Karakteristik sistem suplai Brown gas diuji untuk kondisi konsentrasi katalis (KOH) dan temperatur yang bervariasi. Sistem suplai Brown gas kemudian diaplikasikan pada mesin mobil jenis karburator berkapasitas 1300 cc sebagai bahan bakar campuran, dan performa mesin diuji. Hasil uji karakteristik sistem suplai Brown gas menunjukkan bahwa produksi gas maksimum terjadi pada konsentrasi katalis (KOH) 30% dan laju produksi gas berbanding lurus dengan temperatur kerja. Sementara hasil uji performa mesin sesudah menggunakan sistem suplai Brown gas menunjukkan penurunan konsumsi BBM yang signifikan, yaitu sebesar 30%, dibanding dengan sebelum menggunakan sistem suplai Brown gas. Hasil uji emisi juga menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi CO dari 0,67% menjadi 0,12% dan CO_2 dari 16,90% menjadi 15,50%.

Kata kunci: Brown gas, elektrolisis air, laju produksi gas, pengendalian, mesin karburator.

ABSTRACT

Brown gas, known as H_2O_2 (Oxyhydrogen) obtained from electrolysis process can be mixed with gasoline and used in the internal combustion engines. Uncontrolled mixing of Brown gas in the internal combustion engines reduces the quality of burning (engine performance). In this paper, the development and application of the Brown gas generator with 6 chambers in series-equipped with controller is reported. The gas production rate was controlled by regulating the supply current using Pulse Width Modulation (PWM). The characteristic of the Brown gas supply system was tested for various concentrations of the catalyst (KOH) and temperatures. The Brown gas supply system was then applied to the carburetor type engine of 1300 cc and the engine performance was tested. The test results show that the maximum production of gas occurred at 30% of catalyst (KOH) and the production of gas is proportional to the room temperature. The engine performance test result show a 30% reduction of specific fuel consumption after installation of the Brown gas supply system to the engine. The emission test results show 0.67% to 0.12% reduction of CO and 16.9% to 15.5% reduction of CO_2 .

Keywords: Brown gas, water electrolysis, gas production rate, control, carburetor engine.

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk efisiensi energi pada kendaraan adalah dengan menambahkan/menginjeksikan gas H_2O_2 (*Brown gas*) pada mesin pembakaran bersama dengan bahan bakar minyak (BBM). Gas H_2O_2 ini dihasilkan dari proses elektrolisis air dengan penambahan katalis KOH atau

NaOH. Penambahan gas H_2O_2 pada kendaraan merupakan salah satu cara untuk mencampurkan gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2) ke dalam BBM. Sistem suplai gas H_2O_2 bekerja dengan prinsip sel elektrolisis air. Sel ini terdiri dari sepasang elektroda yang dicelupkan dalam larutan elektrolit (air) dan diberi suplai daya listrik dari *accu* kendaraan. Sebagai hasilnya akan terbentuk pada

elektroda gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2). Gas ini selanjutnya dimanfaatkan untuk meningkatkan kandungan udara dalam *engine* (ruang bakar) kendaraan. Sifat gas hidrogen yang *flammable* akan meningkatkan daya ledak, sedangkan gas oksigen akan membantu meningkatkan kualitas pembakaran.

Bahan bakar yang diperkaya hidrogen mampu menurunkan emisi gas NO_x dan HC [1]. Mesin dengan bahan bakar konvensional yang diinjeksi hidrogen dapat menghilangkan *knock* dan *back-firing*. Efek penambahan hidrogen pada mesin *spark ignition* (SI) dapat menaikkan efisiensi termal sebesar 14% dan emisi NO_x 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 ke dalam 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 NO_x hingga 82% dan torsi menjadi lebih besar [6]. Injeksi air pada mesin *spark ignition* dapat menghilangkan detonasi dan mengurangi NO_x lebih dari 50%, angka oktan naik dan meningkatkan kerja mesin anantara 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 pengembangan dan pengujian sistem suplai Brown gas model 6 ruang elektroliser tersusun seri dengan sistem pengendali laju produksi. Pengendalian laju produksi Brown gas dilakukan dengan pengaturan arus melalui Pulse Width Modulation (PWM). Setelah melalui uji karakteristik, sistem suplai Brown gas kemudian diaplikasikan pada mesin mobil jenis karburator berkapasitas 1300 cc sebagai bahan bakar campuran, dan performa mesin diuji.

METODE PENELITIAN

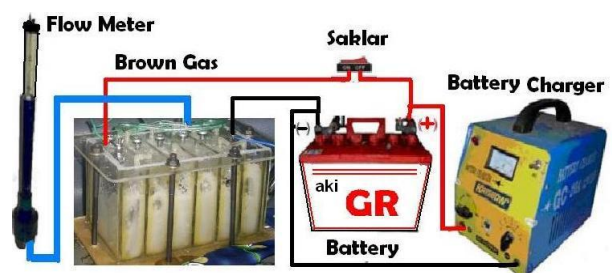
Secara umum, penelitian ini diselesaikan dalam beberapa tahap utama, yaitu: 1) Uji pengaruh luas elektroda, prosentase katalis (KOH), temperatur kerja dan suplai daya terhadap laju produksi gas H_2O_2 pada elektroliser satu ruang, 2) Rancang bangun sistem suplai Brown gas yang terbuat dari 6

ruang elektroliser tersusun seri, 3) Rancang bangun sistem pengendali laju produksi pada sistem suplai Brown gas, 4) Uji performa mesin setelah menggunakan prototipe sistem suplai Brown gas dengan sistem pengendali.

Uji karakteristik Elektroliser Satu Ruang

Sistem suplai Brown gas tersusun dari beberapa ruang elektroliser dan sistem pengendali laju produksi melalui PWM (*Pulse Width Modulation*). Pada penelitian ini, sistem suplai Brown gas yang kami kembangkan tersusun dari 6 buah elektroliser tersusun seri. Sebelum proses rancang bangun sistem suplai Brown gas, kami melakukan pengujian karakteristik dari elektroliser satu ruang untuk mendapatkan pengaruh luas elektroda, konsentrasi katalis, suplai daya dan temperatur kerja terhadap laju produksi gas. Sehingga bisa menentukan dimensi dan konsentrasi optimum dari elektroliser penyusun sistem suplai Brown gas. Gambar 1 menunjukkan skema mekanisme pengujian karakteristik elektroliser satu ruang yang dilakukan mengukur laju produksi gas H_2O_2 dengan memvariasikan konsentrasi katalis (KOH), suplai daya dan temperature kerja.

Uji karakteristik elektroliser satu ruang dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara suplai daya, konsentrasi KOH dan temperatur kerja dengan laju produksi Brown gas. Hasil uji karakteristik akan digunakan sebagai dasar dalam merancang dimensi elektroliser yang optimum pada sistem suplai Brown gas. Pengujian dilakukan dengan mevariasikan voltase kerja (1.2v, 1.6v, 2.0v, 2.4v, 2.8v & 3.0v), konsentrasi KOH (20%, 30% & 40%) dan temperatur kerja (30°C, 70°C & 90°C).

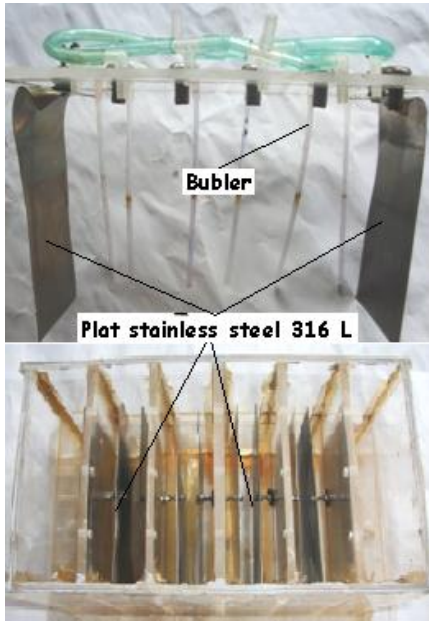


Gambar 1. Skema Uji Karakteristik Elektroliser Gas H_2O_2

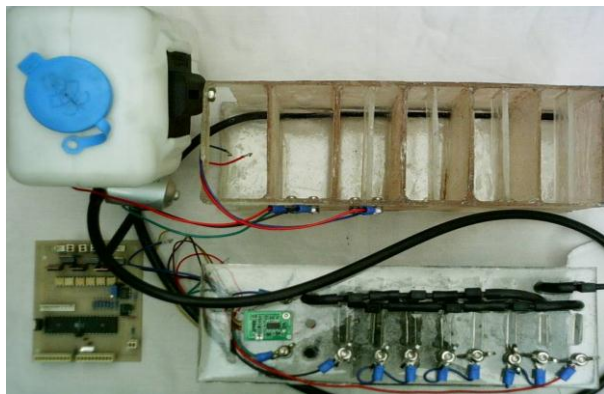
Rancang Bangun Sistem Suplai Brown Gas dengan Pengendali Laju Produksi

Gambar 2 menunjukkan foto susunan prototipe sistem suplai Brown gas yang tersusun dari 6 ruang elektroliser secara seri dan gambar 3 menunjukkan sistem suplai Brown gas model 6 ruang tersusun seri setelah dilengkapi dengan sistem pengendali laju produksi melalui PWM (*Pulse Width Modulation*).

Sebagai elektroda digunakan SS316 dan berdasarkan hasil uji karakteristik laju produksi gas maksimum elektroliser digunakan katalis KOH 30%.



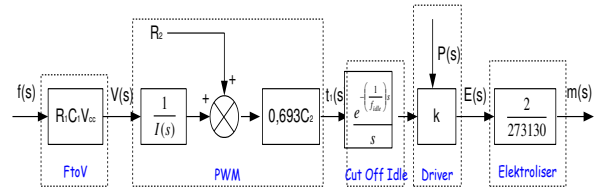
Gambar 2. Susunan Prototipe Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun Seri



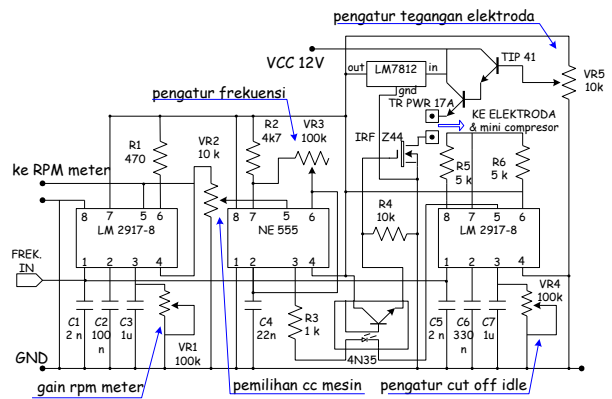
Gambar 3. Prototipe Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun Seri dengan Pengendali Laju Produksi

Sistem pengendali dibuat dengan tujuan untuk mengendalikan laju produksi gas H_2O_2 pada sistem suplai Brown gas. 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 di atas 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

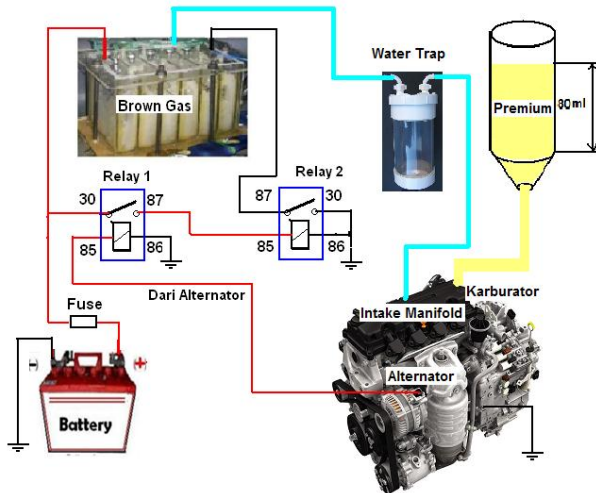


Gambar 5. Rangkaian Sistem Pengendali Elektroliser

Uji Performa Mesin Tanpa dan dengan Sistem Suplai Brown Gas

Prototipe sistem suplai Brown gas model 6 ruang tersusun seri dengan sistem pengendali kemudian dipasangkan pada mesin mobil berkapasitas 1300 cc, jenis karburator dan berbahan bakar bensin. Daya dan konsumsi bahan bakar (SFC) sebelum dan setelah sistem suplai Brown gas terpasang diukur. Gambar 6 menunjukkan skema distribusi bahan bakar premium dan Brown gas

pada ruang mesin kendaraan. Sedangkan gambar 7 menunjukkan proses uji daya dan konsumsi bahan bakar mobil berbahan bakar bensin dengan kapasitas 1300 cc. Pengujian dilakukan dengan mevariasikan putaran mesin pada 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm. Selain itu, emisi mobil juga diuji untuk mengetahui konsentrasi dan komposisi gas buang sebelum dan sesudah terpasang sistem suplai Brown gas.



Gambar 6. Skema Distribusi Bahan Bakar Premium dan Brown Gas Pada Ruang Mesin Kendaraan



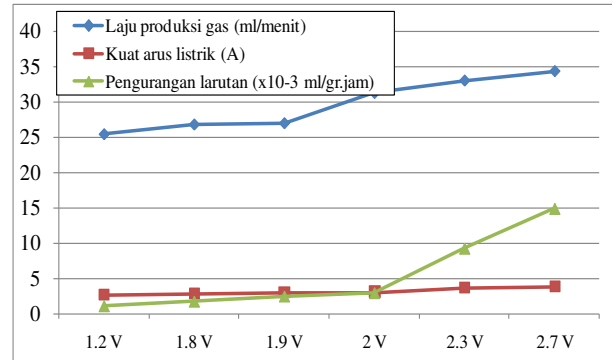
Gambar 7. Proses Uji Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Mobil Berbahan Bakar Bensin dengan Kapasitas 1300 cc

HASIL DAN PEMBAHASAN

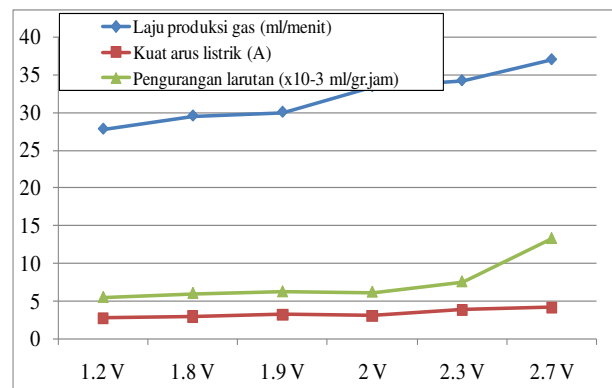
Hasil Uji Karakteristik Elektroliser Satu Ruang

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara suplai voltase dan arus kerja (daya) dengan laju produksi gas dan pengurangan larutan pada elektroliser satu ruang pada temperatur kerja 30°C dan konsentrasi KOH 20%. Sedangkan gambar 9 dan 10 menunjukkan hubungan antara suplai voltase dan arus kerja (daya) dengan laju produksi gas dan pengurangan larutan pada elektroliser satu ruang pada temperatur kerja 30°C dan konsentrasi KOH 30% serta 40%. Secara umum hasil uji

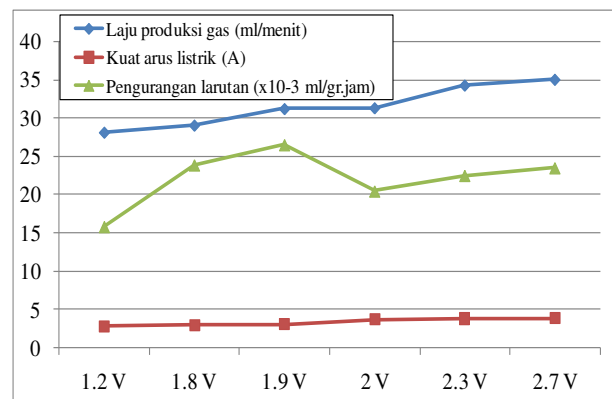
karakteristik elektroliser satu ruang menunjukkan adanya kenaikan laju produksi Brown gas seiring dengan naiknya suplai daya yang diberikan. Sementara laju produksi gas maksimum terjadi pada konsentrasi katalis (KOH) 30%. Kenaikkan temperatur kerja juga mempengaruhi kenaikan produksi gas.



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Voltase, Arus, Laju Produksi Gas dan Pengurangan Larutan Elektroliser (KOH=20% dan T=30°C)



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Voltase, Arus, Laju Produksi Gas dan Pengurangan Larutan Elektroliser (KOH=30% dan T=30°C)

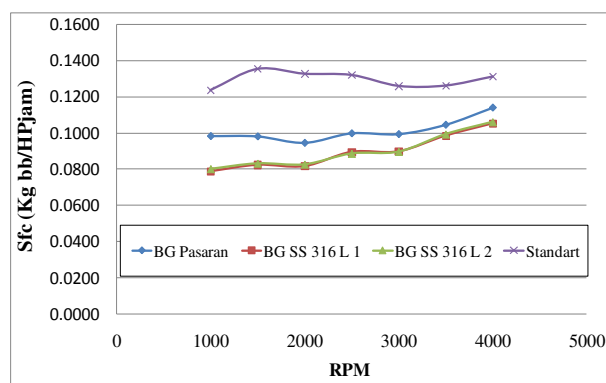


Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Voltase, Arus, Laju Produksi Gas dan Pengurangan Larutan Elektroliser (KOH=40% & T=30°C)

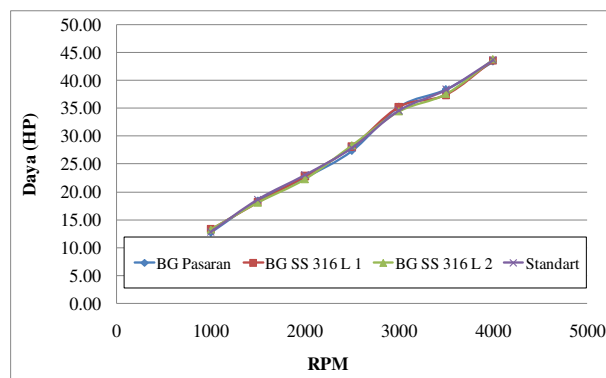
Hasil Uji Performa Mesin Tanpa dan dengan Sistem Suplai Brown Gas.

Gambar 11 menunjukkan grafik hubungan antara putaran mesin dengan konsumsi BBM tanpa dan dengan sistem suplai Brown gas. Gambar 12 menunjukkan grafik hubungan antara putaran mesin dengan daya mesin tanpa dan dengan sistem suplai Brown gas.

Secara umum hasil uji performa mesin 1300 cc jenis karburator tanpa dan dengan sistem suplai Brown gas menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsumsi BBM (SFC) yang cukup signifikan sebesar 30% bila mesin menggunakan sistem suplai Brown gas. Sedangkan konsumsi BBM (SFC) mesin dengan menggunakan sistem suplai Brown gas hasil rancang bangun menunjukkan penurunan sebesar 10% jika dibandingkan dengan sistem suplai Brown gas yang ada di pasaran. Hasil uji daya menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan pada daya mesin tanpa dan dengan menggunakan sistem suplai Brown gas. Hasil uji emisi menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi CO dari 0,67% menjadi 0,12% dan CO₂ dari 16,90% menjadi 15,50%.



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Putaran Mesin dan Konsumsi BBM Tanpa dan dengan Sistem Suplai Brown Gas



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Putaran Mesin dan Daya Mesin Tanpa dan dengan Sistem Suplai Brown Gas

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan dan pengujian sistem suplai Brown gas model 6 ruang elektroliser tersusun seri dengan sistem pengendali laju produksi. Pengendalian laju produksi Brown gas dilakukan dengan pengaturan arus melalui *Pulse Width Modulation* (PWM). Setelah melalui uji karakteristik, sistem suplai Brown gas kemudian diaplikasikan pada mesin mobil jenis karburator berkapasitas 1300 cc sebagai bahan bakar campuran, dan performa mesin diuji. Hasil uji karakteristik sistem suplai Brown gas menunjukkan bahwa produksi gas maksimum terjadi pada konsentrasi katalis (KOH) 30% dan laju produksi gas berbanding lurus dengan temperatur kerja. Sementara hasil uji performa mesin sesudah menggunakan sistem suplai Brown gas menunjukkan penurunan konsumsi BBM yang signifikan (30%) dibanding dengan sebelum menggunakan. Hasil uji emisi menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi CO dari 0,67% menjadi 0,12% dan CO₂ dari 16,90% menjadi 15,50%.

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

1. R.F. Horng, Y.P. Chang, H.H. Huang dan M.P. Lai, *Driving Characteristics of a Motorcycle Fuelled with Hydrogen-rich Gas Produced by an Onboard Plasma Reformer*, Int J Hydrogen Energy, 49, 925-33, 2008.
2. T. Suzuki dan 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 dan J.B. Heywood, *Combustion Optimization in a Hydrogen-Enhanced Lean-burn SI engine*, SAE paper, No. 01-0251, 2005.
4. S. Verhelst dan R. Sierens, *Aspects Concerning the Optimization of 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 dan 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, 2009.