PENGEMBANGAN DESAIN SISTEM SUPLAI BROWN'S GAS MODEL 6 CELL TERSUSUN SERI DAN IMPLEMENTASINYA PADA MOBIL SUZUKI KARIMUN GX 970 CC

Rahman Hakim[(1)], Harus L Guntur[(2)].

1) Jurusan Teknik Mesin, Kampus Politeknik Negeri Batam,
Parkway.St, Batam Centre, Batam 29461
Telp. (+6277) 8469856, E-mail: hakim@polibatam.ac.id[(1)],
2) Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp. (031) 5946230, Fax : (031) 5922941
E-mail: haruslg@me.its.ac.id[(2)]

ABSTRAK

Sistem elektrolisis Brown's Gas adalah suatu sistem elektrolisis air yang ditambah dengan katalisator yang dapat menghasilkan hidrogen dan oksigen murni yang memiliki nilai kalor dan oktan yang tinggi. Dalam beberapa penelitian yang telah ada menunjukkan bahwa penerapannya pada kendaraan bermotor dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar dan meningkatkan torsi. Gas yang dihasilkan juga mengandung uap air yang dapat mendinginkan mesin dan menurunkan emisi COx. Dari hasil penelitian didapatkan adalah kenaikan daya tertinggi sebesar 7,83% yaitu 0,4 Hp pada Brown's Gas Type B tanpa Silica Gel / [BG B(-SG)]. Penurunan sfc terbesar 26,45% yaitu 0,0426 Kg bb/Hp Jam pada BG B(-SG). Kenaikan kadar HC ada pada BG A (+SG) sebesar 348,5ppm, kenaikan kadar CO ada pada BG A (+SG) sebesar 3,06%, kenaikan kadar CO_2 ada pada BG A (-SG) sebesar 12,47%, penurunan λ ada pada BG A (+SG) sebesar 0,54%.

Kata Kunci : Brown's Gas, Daya, sfc, emisi gas buang.

ABSTRACT

Brown's Gas electrolysis system is a water electrolysis system coupled with a catalyst that can produce pure hydrogen and oxygen which have calorific value and high octane. In several studies that have shown that its application to existing vehicles can increase fuel efficiency and increased torque. The resulting gas also contains water vapor to cool the engine and lowering emissions Cox. The result showed the highest increase in power is at 7.83% which is 0.4 Hp at Brown's Gas Type B without Silica Gel / [BG B (-SG)]. Sfc biggest decline 26.45% ie 0.0426 mm Kg / Hp hours on BG B (-SG). Increased levels of HC for BG A (+ SG) of 348.5 ppm, increased levels of CO exist in BG A (+ SG) of 3.06%, an increase in CO2 levels is in BG A (-SG) of 12.47%, λ there is a decrease in BG A (+SG) of 0.54%.

Keywords: Brown's Gas, Power, sfc, exhaust emissions.

Pada saat ini kebutuhan energi dari *fossil fuel* cenderung mengalami peningkatan pada tiap tahunnya. Hal ini berdasarkan data dari IEA World Energy Statistics and Balances pada periode tahun 1960 – 2007 (sebagian kecil dapat dilihat pada tabel 1.1).

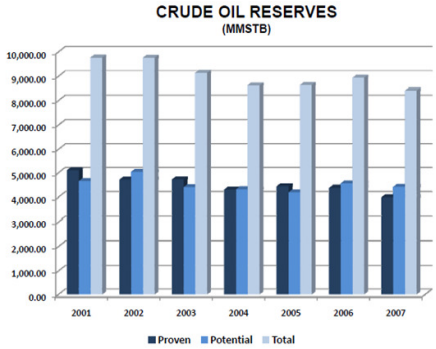
Tabel 1.1. Data konsumsi fossil fuel dunia (IEA World Energy Statistics and Balances, BP Statistical Review, 2009)

Tahun						
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
72,243.8 billion/day	72,706.0 billion/day	74,125.9 billion/day	76,590.2 billion/day	77,773.6 billion/day	78,683.8 billion/day	79,574.5 billion/day

Pada tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa sebagian besar masyarakat di dunia masih bergantung pada

penggunaan energi yang berasal dari *fossil fuel*. *Fossil fuel* merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui, sedangkan kebutuhan terhadap bahan bakar tersebut masih cenderung meningkat, sehingga hal ini berpotensi menurunkan persediaan *fossil fuel* seiring bertambahnya waktu.

Pada skala nasional, data yang didapatkan dari statistik Kementerian ESDM tahun 2008 menunjukkan adanya kecenderungan penurunan ketersediaan *fossil fuel* di Indonesia dalam periode 7 tahun terakhir (ditunjukkan oleh gambar 1.1). Kondisi tersebut mengakibatkan sebuah permasalahan berupa tidak seimbangnya jumlah permintaan terhadap *fossil fuel* dengan persediaan yang ada, sehingga dapat berdampak pada kelangkaan bahan bakar ataupun melonjaknya harga minyak bumi.



Gambar 1.1. Persediaan minyak mentah di Indonesia dalam MMSTB (million metric stock tank barrel) - (data statistik Kementrian ESDM, 2008)

Berdasarkan data statistik Kementrian ESDM yang ada, maka dibutuhkan solusi dalam mengatasi permasalahan tersebut, antara lain berupa penggunaan energi alternatif, maupun berbagai upaya yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Salah satu upaya dalam efisiensi penggunaan energi dengan menambahkan Sistem Brown's Gas (HHO) pada kendaraan bermotor. Brown's Gas merupakan suatu sistem elektrolisis air yang ditambah dengan katalisator yang dapat menghasilkan hidrogen dan oksigen murni yang memiliki nilai kalor dan oktan yang tinggi. Selain itu, hasil pembakaran dari pencampuran dengan gas HHO dapat mengurangi tingkat polusi (LIPI, 2008). 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 dan uap air yang terbentuk mampu membuat mesin lebih dingin daripada pembakaran hanya menggunakan bahan bakar bensin atau solar.

Penggunaan Brown's Gas dapat meningkatkan optimalisasi penggunaan energi, hal ini dapat dibuktikan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, antara lain penelitian dari Goldwitz dan Heywood (2005) yang mengoptimalkan kondisi pembakaran mesin *spark ignition* dengan menambahkan hidrogen sebagai suplemen bahan bakar, sehingga menghasilkan efisiensi lebih dari 25%. Penelitian lain dilakukan oleh Verhelst dan Sierents (2001) yang telah membandingkan injeksi hidrogen pada mesin *spark ignition* dengan karburator dan mesin dengan sistem injeksi.

Dari penelitiannya dihasilkan sebuah kesimpulan bahwa mesin *fuel injection* dengan penambahan hidrogen mempunyai daya lebih besar dan resiko *backfiring* lebih kecil. Dari penelitian-penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa hidrogen dapat menjadi suplemen bahan bakar untuk memperbaiki kualitas pembakaran, sehingga dapat meningkatkan performa mesin.

Pada penelitian yang lain disebutkan bahwa injeksi air ke dalam saluran masuk suplai campuran bahan bakar juga dapat menaikkan performa mesin. Seperti yang telah dilakukan oleh LIPI pada tahun 2008, yang diperoleh hasil bahwa dengan injeksi air pada uji coba kendaraan 225 cc *spark ignition* dihasilkan penurunan emisi gas CO dan HC. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Chadwell dan Dingle (2008) didapatkan bahwa pada mesin disel, injeksi air dapat mengurangi emisi NOx sebesar 82% dan torsinya mengalami peningkatan. Pada penelitian Lanzafame (1999) disebutkan bahwa injeksi air pada mesin *spark ignition* dapat menghilangkan detonasi dan mengurangi NOx lebih dari 50%; angka oktan naik lebih

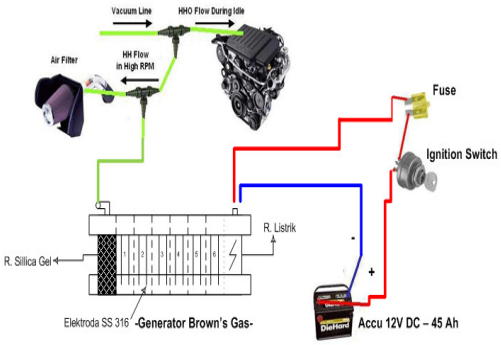
dari 50%; dan meningkatkan kerja mesin antara 30% - 50%.

METODOLOGI

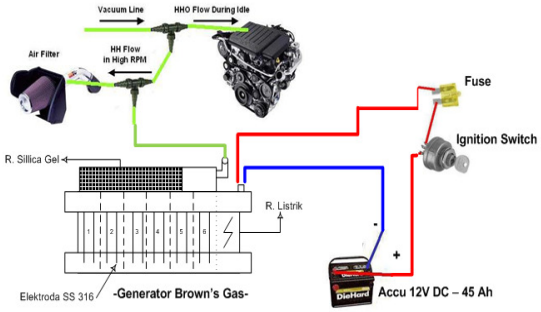
Pada penelitian ini yang menjadi obyek penelitian adalah Generator Brown's Gas. Pada jenis ini Generator Brown's Gas enam buah sel yang tersusun secara seri. Kontruksi dari pada generator ini yaitu terdiri dari sekat-sekat akrilik yang terdiri dari enam buah sel elektrolisa beserta logam sebagai elektrodanya serta ruang yang lain sebagai ruang elektronik dan silica gel. Mengingat jenis katalis yang digunakan adalah KOH yang sangat bersifat korosif, maka elektroda yang dipilih dalam penelitian ini yaitu jenis plat stsinless steel type 316. Pemilihan stainless steel type 316 ini dikarenakan bahan tersbut memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh silica gel terhadap daya, sfc, dan kadar emisi gas buang. Semua data yang didapatkan dari peneltian ini nantinya akan dianalisa hasilnya dan dibuat suatu kesimpulan.

Generator Brown's Gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe Generator Brown's Gas yang menggunakan plat stainless steel sebagai elektroda. Terdiri atas enam buah generator yang disusun secara seri. Berikut ini adalah gambar Generator Brown's Gas beserta instalasinya.



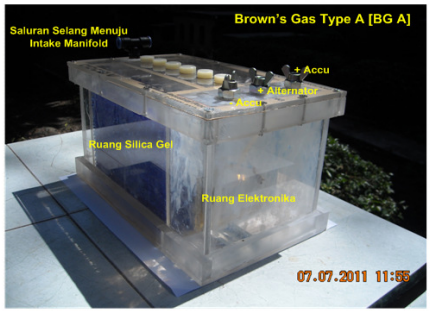
Gambar 3.1. Generator Brown's Gas Type A & Instalasi Pada Mobil



Gambar 3.2. Generator Brown's Gas Type B & Instalasi Pada Mobil

Untuk mendapatkan referensi generator yang baik, ada beberapa kriteria yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan Generator Brown's Gas. Kriteria tersebut antara lain:

1. Elektroda yang digunakan terbuat dari material yang tahan terhadap korosi dan memiliki konduktifitas listrik yang baik. Disamping itu material tersebut juga harus tersedia di pasaran dengan harga yang relatif terjangkau. Dalam hal ini dipilih stainless steel type 316 dengan dimensi (10x8)mm.
2. Box generator terbuat dari bahan yang tahan panas hingga suhu 100o C (berdasarkan percobaan yang pernah dilakukan), dan tidak bereaksi dengan larutan elektrolit (KOH).
3. Tertutup rapat dan tidak terdapat kebocoran pada box, sehingga gas HHO yang dihasilkan tidak bocor dan hanya keluar melalui lubang output.

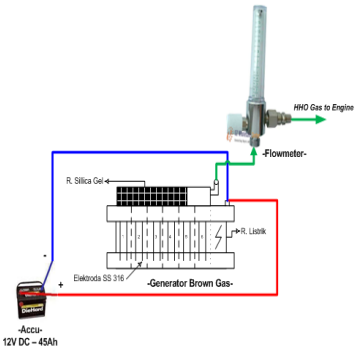


Gambar 3.3 Brown's Gas Type A

Gambar 3.4 Brown's Gas Type B

Prosedur Pengujian Brown's Gas

1. Perangkaian instalasi uji performa Generator Brown's Gas seperti pada gambar 3.14 di bawah ini :



Gambar 3.14 Instalasi Pengujian Performa Produksi Gas

2. Pengecekan konstruksi generator harus pada kondisi tidak terdapat kebocoran atau celah sedikitpun yang memungkinkan gas HHO keluar melalui celah yang tidak diinginkan. Untuk memastikan bahwa generator tidak bocor dilakukan dengan menutup saluran pernapasan kemudian meniup lubang output generator didalam air. Pastikan tidak ada gelembung udara yang keluar dari celah-celah tutup generator, serta rangkaian listriknya dalam keadaan aman dari elektrolit.
3. Pengukuran volume air generator dilakukan dengan mengisinya dengan air hingga level yang telah ditentukan, kemudian air tersebut diukur volumenya dengan menggunakan gelas ukur.
4. Kevakuman
5. Pengukuran produksi gas pada Gerator HHO Type A dan B, dan catat hasil pengukuran

Pengujian laju produksi gas HHO ini untuk mengetahui efektifitas injeksi gas hasil elektrolisis dengan parameter konsumsi bahan bakar, yaitu untuk massa bahan bakar yang telah di tentukan, akan habis dalam waktu tertentu. Pengujian dilakukan pada DynoTest untuk mengukur besarnya daya yang keluar dari engine pada putaran tertentu beserta uji emisi bahan bakar. Disamping itu, dari pengujian ini di dapatkan lama waktu konsumsi bahan bakar pervolume tertentu, yaitu 80 ml. Dalam aplikasinya pada mobil, ada sedikit air yang masuk kedalam manifold. Hal inilah yang menyebabkan engine tersendat karena pembakaran tidak sempurna. Untuk mencegah hal tersebut, maka pada rangkaian Generator Brown's Gas diberi space untuk silica gel yang berfungsi sebagai water trap agar air tidak masuk kedalam engine sepenuhnya.

Gambar 3.15 DinoTest Pada Mobil Suzuki Karimun GX'06 970 CC

Gambar 3.16 Uji Emisi Gas Buang

Pengujian laju produksi gas HHO ini untuk mengetahui efektifitas injeksi gas hasil elektrolisis dengan parameter konsumsi bahan bakar, yaitu untuk massa bahan bakar yang telah di tentukan, akan habis dalam waktu tertentu. Pengujian dilakukan pada DynoTest untuk mengukur besarnya daya yang keluar dari engine pada putaran tertentu beserta uji emisi bahan bakar. Disamping itu, dari pengujian ini di dapatkan lama waktu konsumsi bahan bakar pervolume tertentu, yaitu 80 ml. Dalam aplikasinya pada mobil, ada sedikit air yang masuk kedalam manifold. Hal inilah yang menyebabkan engine tersendat karena pembakaran tidak sempurna. Untuk mencegah hal tersebut, maka pada rangkaian Generator Brown's Gas diberi space untuk silica gel yang berfungsi sebagai water trap agar air tidak masuk kedalam engine sepenuhnya.

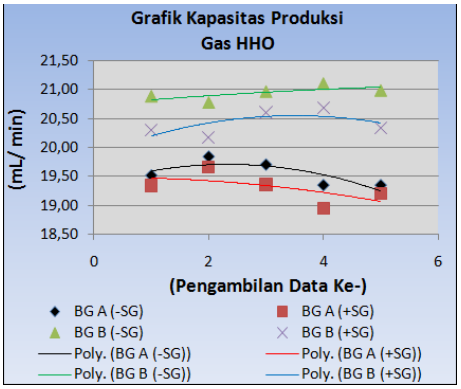
Gambar 3.17 Skema peralatan kelistrikan dan assembly pada engine

Adapun langkah-langkah pengujian Generator Brown's Gas yang dilakukan pada mobil adalah sebagai berikut :

a. Menyiapkan kendaraan uji (**Suzuki Karimun GX 970 CC**) pada kondisi prima dan standar di atas Dynotest.
b. Menyalakan kendaraan pada putaran idle agar mesin mencapai kondisi kerja.
c. Mengambil data lama konsumsi bahan bakar per 80 ml untuk pengambilan data lamanya waktu konsumsi bahan bakar /*sfc* dan daya mesin pada putaran (1000-3000)rpm dengan kelipatan 500 rpm. (Untuk kondisi standar tanpa Generator Brown's Gas)
d. Memasang Generator Brown's Gas Type A dan B secara bergantian pada engine, pemeriksaan kembali sistem dari kebocoran maupun hubungan pendek arus listrik.
e. Setelah uji daya dan sfc pada Dyno test, pada hari berikutnya dilanjutkan pengujian Emisi gas buang kendaraan pada kendaraan, di DINAS PERHUBUNGAN KOTA SURABAYA, baik kendaraan dalam kondisi standar, maupun terpasang Generator Brown's Gas Type A dan B.
f. Setelah itu pencatatan hasil pengamatan pada tabel di bawah ini, maka segera dilakukan analisa dan perhitungan guna mendapatkan kesimpulan dari hasil pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

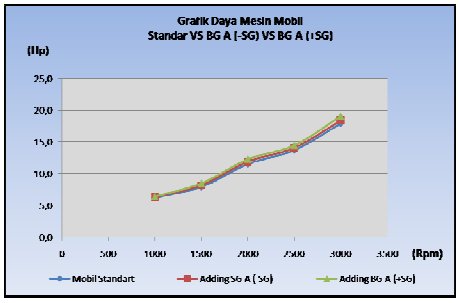
Flowrate Gas HHO



Bahwa flowrate gas HHO untuk BG A (-SG) / Brown's Gas Type A tanpa Silika Gel mempunyai flowrate lebih tinggi 1,26% yaitu sebesar 19,56 mL/menit dari pada BG A (+SG) / Brown's Gas Type A dengan Silika Gel. Begitu juga untuk BG B (-SG) mempunyai flowrate lebih tinggi 2,56% yaitu sebesar 20,95 mL/menit dari pada BG B (+SG). Hal ini disebabkan oleh hambatan absorbsi uap air pada silica gel sehingga memperlambat flowrate pada brown's gas type A maupun type B.

Dari gambar di atas juga di dapatkan hasil bahwa flowrate gas HHO untuk BG B (-SG) mempunyai flowrate lebih tinggi sebesar 7,12% dari pada BG A (-SG), begitu juga untuk BG B (+SG) mempunyai flowrate lebih tinggi sebesar 5,77% dari pada BG A (+SG). Hal ini disebabkan oleh perbedaan desain, dimana BG A mempunyai volume Silika Gel (SG) lebih banyak dari pada BG B dan juga peletakan posisi SG untuk BG A yang berada pada sisi samping kurang baik daripada posisi SG BG B yang berada pada sisi atas yang sangat efisien dan sesuai dengan sifat gas yang selalu mengalir ke tempat yang lebih tinggi dan bertekanan lebih rendah karena sifat gas mempunyai masa jenis yang lebih rendah.

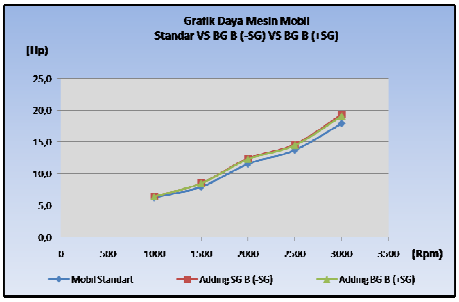
Perubahan Daya Engine



Perbandingan daya mobil antara kondisi standar dengan menggunakan BG A tanpa Silica Gel / BG A (-SG) menunjukkan tren peningkatan seiring kenaikan putaran engine. Untuk BG A (-SG) pada putaran rendah 1000 rpm terjadi kenaikan daya sebesar 1,61% yaitu 0,1 Hp. Sedangkan dengan penambahan Silika Gel pada BG A tidak terjadi perubahan daya.

Pada putaran engine yang tinggi yaitu sebesar 3000 rpm, untuk perbandingan mesin standar dengan BG A (-SG) terjadi kenaikan daya sebesar 2,79% yaitu 0,5 Hp, hasil yang sama juga dialami BG A (+SG). Kenaikan daya tertinggi terjadi pada BG A (+SG) pada putaran engine 1500 rpm sebesar 5,06% yaitu 0,4 Hp.

Ditinjau dari rata-rata kenaikan daya, antara BG A (–SG) dengan BG A (+SG), didapatkan kenaikan daya sebesar 2,92% dan 2,7%. Hal ini disebabkan karena pada BG A (-SG) mempunyai flowrate yang lebih besar karena tidak adanya “hambatan” dari filtrasi oleh silika gel.



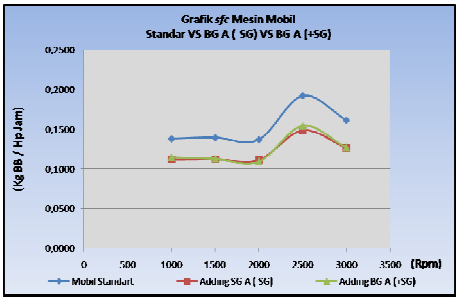
Perbandingan daya mobil antara kondisi standar dengan menggunakan BG B tanpa Silica Gel / BG B (-SG) menunjukkan tren peningkatan seiring kenaikan putaran engine. Untuk BG B (-SG) pada putaran rendah 1000 rpm terjadi kenaikan daya sebesar 3,23% yaitu 0,2 Hp. Hal tersebut sama seperti penambahan SG pada BG B.

Pada putaran engine yang tinggi yaitu sebesar 3000 rpm, untuk perbandingan mesin standar dengan BG B (-SG) terjadi kenaikan daya sebesar 7,82% yaitu 1,4 Hp. Sedangkan untuk BG B (+SG) terjadi kenaikan daya sebesar 6,70% yaitu 1,2 Hp. Kenaikan daya tertinggi terjadi pada BG B (-SG) pada putaran engine 2000 rpm sebesar 7,83% yaitu 0,9 Hp.

Ditinjau dari rata-rata kenaikan daya, antara BG B (–SG) dengan BG B (+SG), didapatkan kenaikan daya sebesar 6,61% dan 6,06%. Hal ini disebabkan karena pada BG B (-SG) mempunyai flowrate yang lebih besar karena tidak adanya “hambatan” dari filtrasi oleh silika gel. Adanya perbedaan yang signifikan antara BG A dengan BG B hal ini di sebabkan adanya perbedaan desain, dimana BG A mempunyai volume Silika Gel (SG) lebih banyak dari pada BG B dan juga peletakan posisi SG untuk BG A yang berada pada sisi samping kurang baik daripada posisi SG untuk BG B yang berada pada sisi atas yang sangat efisien dan sesuai dengan sifat gas yang selalu mengalir ke tempat yang lebih tinggi dan bertekanan lebih rendah karena sifat gas mempunyai masa jenis yang lebih rendah.

Pada studi kasus ini, silika gel tidak mempunyai perubahan atau perbaikan terhadap nilai sfc yang signifikan bahkan di anggap menghambat laju produksi aliran brown's gas ke engine.

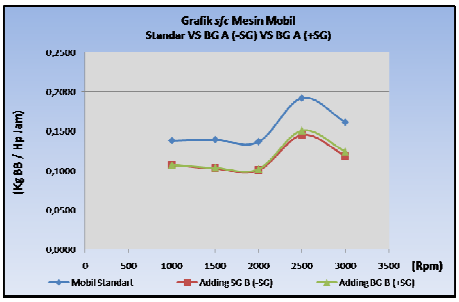
Perubahan *sfc* Engine



Perbandingan sfc mobil antara kondisi standar dengan menggunakan BG A tanpa Silica Gel / BG A (-SG) menunjukkan tren penurunan seiring kenaikan putaran engine. Untuk BG A (-SG) pada putaran rendah 1000 rpm terjadi penurunan sfc sebesar 19,16% yaitu 0,0264 Kg BB / Hp Jam. Sedangkan dengan penambahan Silika Gel pada BG A terjadi penurunan sfc sebesar 16,87% yaitu 0,0232 Kg BB / Hp Jam.

Pada putaran engine yang tinggi yaitu sebesar 3000 rpm, untuk perbandingan mesin standar dengan BG A (-SG) terjadi penurunan sfc sebesar 21,79% yaitu 0,0351 Kg BB / Hp Jam, hasil yang sama juga dialami BG A (+SG). Kenaikan daya tertinggi terjadi pada BG A (+SG) pada putaran engine 1500 rpm sebesar 21,32% yaitu 0,0344 Kg BB / Hp Jam. Khusus untuk putaran 2500 rpm, baik pada BG A dengan dan tanpa Silika Gel maupun pada kondisi mobil standar, hal ini dikarenakan pada titik tersebut merupakan titik kritis putaran engine (Sungkono, Djoko. 1999).

Ditinjau dari rata-rata kenaikan sfc, antara BG A (–SG) dengan BG A (+SG), didapatkan kenaikan sfc sebesar 20,43% dan 19,4%. Hal ini disebabkan karena pada BG A (-SG) mempunyai flowrate yang lebih besar karena tidak adanya "hambatan" dari filtrasi oleh silika gel.



perbandingan sfc mobil antara kondisi standar dengan menggunakan BG B tanpa Silica Gel / BG B (-SG) menunjukkan tren penurunan seiring kenaikan putaran engine. Untuk BG B (-SG) pada putaran rendah 1000 rpm terjadi penurunan sfc sebesar 22,27% yaitu 0,0307 Kg BB / Hp Jam. Sedangkan dengan penambahan Silika Gel pada BG B terjadi penurunan sfc sebesar 22,2% yaitu 0,0306 Kg BB / Hp Jam.

Pada putaran engine yang tinggi yaitu sebesar 3000 rpm, untuk perbandingan mesin standar dengan BG B (-SG) terjadi penurunan sfc sebesar 26,45% yaitu 0,0426 Kg BB / Hp Jam, hasil yang sama juga dialami BG B (+SG). Kenaikan daya tertinggi terjadi pada BG B (+SG) pada putaran engine 1500 rpm sebesar 23,15% yaitu 0,0373Kg BB / Hp Jam. Khusus untuk putaran 2500 rpm, baik pada BG B dengan dan tanpa Silika Gel maupun pada kondisi mobil standar, hal ini dikarenakan pada titik tersebut merupakan titik pembakaran sempurna, dimana pada 2500 rpm terjadi proses pembakaran sempurna selama satu jam kerja (Sungkono, Djoko. 1999).

Ditinjau dari rata-rata kenaikan sfc, antara BG B (–SG) dengan BG B (+SG), didapatkan kenaikan sfc sebesar 25,12% dan 23,53%. Hal ini disebabkan karena pada BG B (-SG) mempunyai flowrate yang lebih besar karena tidak adanya "hambatan" dari filtrasi oleh silika gel. Adanya perbedaan yang signifikan antara BG A dengan BG B hal ini di sebabkan adanya perbedaan desain, dimana BG A mempunyai volume Silika Gel (SG) lebih banyak dari pada BG B dan juga peletakan posisi SG untuk BG A yang berada pada sisi samping kurang baik daripada posisi SG untuk BG B yang berada pada sisi atas yang sangat efisien dan sesuai

dengan sifat gas yang selalu mengalir ke tempat yang lebih tinggi dan bertekanan lebih rendah karena sifat gas mempunyai masa jenis yang lebih rendah. Pada studi kasus ini, silika gel tidak mempunyai perubahan atau perbaikan terhadap nilai sfc yang signifikan bahkan di anggap menghambat laju produksi aliran brown's gas ke engine.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah di analisa, maka didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya adalah Flowrate produksi Brown's Gas terbesar pada BG B (-SG) yaitu sebesar 20,95 mL/min. Peningkatan daya terbesar pada BG B sebesar 7,83% (-SG). Hal tersebut sesuai dengan hasil flowrate brown's gas. Penurunan tingkat konsumsi bahan bakar / sfc terbesar pada BG B sebesar 26,45% (-SG). Hal tersebut sesuai dengan hasil flowrate brown's gas.

Kenaikan kadar HC pada emisi gas buang terbesar yang paling rendah ada pada BG B (-SG) sebesar 306ppm. Kenaikan kadar CO pada emisi gas buang yang paling rendah ada pada BG B (-SG) sebesar 2,49%. Kenaikan kadar CO2 pada emisi gas buang yang paling rendah ada pada BG B (-SG) sebesar 12,33%. Kenaikan kadar O2 pada emisi gas buang terbesar ada pada BG A (+SG) sebesar 0,34%. Penurunan nilai λ ada pada BG A (+SG) sebesar 0,54% yaitu 9,15. Sedangkan yang lainnya sama dengan kondisi mobil standart yaitu λ = 9,2

DAFTAR PUSTAKA

1. Cobb M Harrold, **Steel Product Manual : Stainless Steel**, 1999.
2. Dan Labonte, **Water Injection for Gasoline Engines**, Labonte MotorSports
3. Data statistik Kementrian *Energi* dan *Sumber Daya Mineral* (ESDM), **Crude Oil Reserves.** 2008.
4. Fontana, Mars G. **Corrosion Engineering 2rd ed**. New york: Mcgraw-hill Book company, 1987.
5. Helmenstine, Anne Marie, **Chemistry Glossary Definition of Electrolysis**, 2001.
6. Hidayatullah, P & Mustari, F. **Rahasia Bahan Bakar Air**. Jakarta: Ufuk Press, 2008.
7. International Energy Agency (IEA) World Energy Statistics and Balances, **World Consumption Of Refined Products By Region, 1960-2008**. BP Statistical Review, 2009.
8. Ioanis, Papagianis, **Studying and Improving the Efficiency of Water Electrolysis**, Stratchlyde University, 2005.
9. KeMenLH, **Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor**, No.35, Jakarta, 1993.
10. LIPI, **Pengujian Water and Air Injection**, Lab. Motor Bakar LIPI, 2008.
11. Lou, Helen H & Huang Y. **Electroplating.** Encyclopedia of Chemical Processing, DOI: 10.1081/E-ECHP-120007747, 2006.
12. Lowrie, Peter E.W, **Electrolyte Gas**, 2005
13. O'Connor, Ken. "**Guide to Safety of Hydrogen and Hydrogen Systems**". BMS Document GLM-QSA-1700.1. Maret 2006.
14. Ozzie, **www.water4gas.com**, 2008.
15. Rasiawan. **Rancang Bagun Elektronik Kontrol Sistem Elektroleser Brown Gas Pada Kendaraan, Thesis S2 Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya,** 2009.

16. Robert B. Dop, **Hydrogen Generation Via Water Electrolysis Using Highly Efficient Nanometal Electrodes**, QuantumSphere, Inc., 2007.
17. Rossum, J.R. **Fundamentals of Metallic Corrosion in Fresh Water**. Roscoe Moss Company, 2000.
18. Setyawan, Roni. **Rancang Bangun Sistem Supply Brown's Gas 6 Ruang Tersusun Seri dan Implementasinya Pada Mobil Esspas 1300 CC.** TA T. Mesin. FTI-ITS. Surabaya. 2011.
19. Sungkono, Djoko. **Diktat Kuliah Motor Pembakaran Dalam**. T. Mesin. FTI-ITS. Surabaya. 1999.
20. Suprastowo. **Pengujian dan Perbaikan Performa Generator HHO Dengan variasi konfigurasi Larutan Elktrolit Baking Soda Dalam Aquades,** Tugas Akhir S1 Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, 2009.
21. Tabolt, David, **Corossion Science and Technology**, 1998.
22. White, C.M., Steeper R.R., Lutz A.E., **The hydrogen-fueled internal combustion engine**, Int. J. Hydrogen Energy, 2005.
23. www.kimia.upi.edu
24. www.linadmultypollar.indonetwork.net
25. www.runmycaronwater.org
26. www.torayakan.blogspot.com
27. www.umc.com