

PENGARUH PENGGUNAAN *HYDROGEN BOOSTER ELECTROLYZER* TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR EMPAT LANGKAH

Sigit Wicahyo

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : SWicahyo@gmail.com

I Made Arsana

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : IMade_Arsn@yahoo.com

ABSTRAK

Hydrogen booster electrolyzer merupakan sebuah alat untuk meningkatkan performa kendaraan, dan mengurangi emisi gas buang pada kendaraan tetapi pada intinya adalah alat untuk menghasilkan/memisahkan (atom) gas *hydrogen* (H) dan *oxygen* (O) dari molekul air (H_2O) dengan menggunakan arus listrik (elektrolisis). Gas hasil pemisahan (HHO) bisa dibuat sebagai *booster* atau penambah tenaga pada mesin kendaraan atau bahkan bila dikembangkan bisa dibuat sebagai pengganti BBM. Dengan cara memasukan/mensuntikan langsung ke dalam ruang bakar. Alat ini hanya menggunakan media air aki atau *aquades* yang dimasukkan ke dalam tabung yang tersedia. Selain itu juga dipergunakan juga NaOH (Soda api) sebagai bahan campuran dengan air aki tersebut. Di dalam tabung tersebut terdapat material berbahan *stainless stell* yaitu plat 340 sebagai elektroda yang mampu menghasilkan O_2 dan H_2 .

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen murni. Objek penelitian adalah menggunakan sepeda motor Yamaha Vega keluaran tahun 2002. Standar pengujian emisi gas buang berdasarkan SAE J1349. Standar pengujian emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005. Analisis data menggunakan metode deskriptif. Peralatan dan instrument penelitian yang digunakan adalah *inertia chassis dynamometer*, *fuel flow meter*, *exhaust gas analyzer*, *stopwatch* dan *blower*.

Dari data hasil penelitian ditunjukkan bahwa pengaruh *hydrogen booster electrolyzer* dengan katalis NaOH berpengaruh terhadap performa mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor Yamaha Vega perakitan tahun 2002. Dengan gas HHO dihasilkan peningkatan performa mesin dan penurunan emisi gas buang secara signifikan. Dimana, dihasilkan peningkatan torsi sebesar 23,51% pada putaran 8000 rpm dengan pengisian spull, peningkatan daya efektif sebesar 28,31% pada putaran 8000 rpm dengan pengisian spull, penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 28,27% pada putaran 6500 rpm dengan pengisian baterai maupun spull. Selain itu dihasilkan penurunan tertinggi kadar emisi CO sebesar 77,50% pada λ 1,199 dengan pengisian spull, kadar emisi HC sebesar 65,43% pada 1,199 dengan pengisian baterai dan kenaikan emisi CO_2 sebesar 45,56% pada λ 1,215 dengan pengisian baterai.

Kata kunci : *Hydrogen booster analyzer*, NaOH, *stainless stell*, *performa mesin*, *emisi gas buang*.

Abstract

Hydrogen booster electrolyzer is a tool for improving vehicle performance, and reduce exhaust emissions on the vehicle, but at its core is a tool to generate / separate the (atomic) hydrogen gas (H) and oxygen (O) from water molecules (H_2O) by using an electric current (electrolysis). Gas separation results (HHO) can be made as a booster or booster vehicle or engine power even if developed could be made as a substitute fuel. By entering / mensuntikan directly into the combustion chamber. This tool only uses battery water or distilled water media is inserted into the tube available. It is also used also NaOH (caustic soda) as a mixture with the battery acid. Inside the tube there is a material made from 340 stainless steel plate as the electrode is capable of producing O_2 and H_2 .

This type of research is purely experimental research. Object of research is the use of Yamaha Vega motorcycle output in 2002. Exhaust emissions testing standards based on SAE J1349. Exhaust emissions testing standards based on ISO 19-7118.3-2005. Data analysis using descriptive methods. Equipment and instruments used in this study is the *inertia chassis dynamometer*, *fuel flow meter*, *exhaust gas analyzer*, *stopwatch* and *blower*.

From the research data indicated that the effect of booster hydrogen electrolyzer with NaOH catalyst effect on engine performance and exhaust emissions on the Yamaha Vega motorcycle assembly line in 2002. HHO gas generated by an increase in engine performance and reduced exhaust emissions significantly. Where, the resulting increase in torque of 23.51% at 8000 rpm rotation with charging spull, effective power increase of 28.31% at 8000 rpm rotation with spull charging, fuel consumption

decreased by 28.27% at 6500 rpm rotation with battery charging and spull. Moreover produced the highest decrease in CO emission levels by 77.50% at lambda 1,199 with charging spull, HC emissions by 65.43% at lambda 1,199 l with battery charging and increase CO2 emissions by 45.56% at lambda 1,215 with charging the battery.

Keywords: Hidrogen booster analyzer, NaOH, stainless stell, engine performance, exhaust emissions.

PENDAHULUAN

. Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) makin hari makin bertambah banyaknya seiring bertambah banyaknya pula peningkatan volume kendaraan didunia sehingga sekarang ini banyak yang berlomba-lomba untuk menciptakan inovasi atau hal baru seiring kemajuan jaman yaitu alat yang nantinya berpengaruh positif bagi kendaraan baik untuk konsumsi bahan bakar, emisi gas buang maupun untuk performa mesin kendaraan, maka dibuatlah *parts* tambahan untuk memaksimalkan performa mesin kendaraanya itu salah satunya yaitu *Hydrogen Booster Electrolyzer*.

Selain keuntungan peningkatan performa yang signifikan, ternyata pemakaian *hydrogen booster electrolyzer* juga mampu mengefisienkan pemakaian bahan bakar yang berimbang pada hasil gas buang yang lebih bersahabat, akan tetapi baik performa maupun hematnya bahan bakar bisa didapat tergantung dari cara orang tersebut mengendarai kendaraannya. Karena *hydrogen booser electrolyzer* sendiri menggunakan arus listrik searah (DC) 12 Volt dari aki untuk menguraikan air (H₂O) menjadi gas "HHO" (2 *Hydrogen* + 1 *Oxygen*), yang akan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna dan menghasilkan energi yang sangat besar, sementara hasil akhir dari semua proses ini adalah gas hidrogen.

Hydrogen Booster Electrolyzer adalah alat untuk menghasilkan / memisahkan (atom) gas *hydrogen* (H) danga gas *oxygen* (O) dari molekul air (H₂O) dengan menggunakan arus listrik (elektrolisis). Gas hasil pemisahan (HHO) bisa dibuat sebagai *booster* atau penambah tenaga pada mesin kendaraan atau bahkan Bila dikembangkan bisa dibuat sebagai pengganti BBM dengan cara memasukan / mensuntikan langsung kedalam ruang bakar. Menurut Hidayatullah dan Mustari (2008:47), pemasangan *electrolyzer* HHO mempunyai berbagai keuntungan diantaranya: 1) polusi udara menjadi lebih sedikit dan penekanan pemanasan global, 2) pembakaran menjadi lebih sempurna, 3) tenaga menjadi meningkat kurang lebih 20%, 4) mesin menjadi lebih awet.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Cahyono (2009), penggunaan *gasoline plus* HHO pada mesin Datsun dengan pengapian yang TMA dihasilkan peningkatan torsi sebesar 4,68%, penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 4,70% dan dihasilkan pula peningkatan tertinggi efisiensi thermal efektif sebesar 15,79%.),

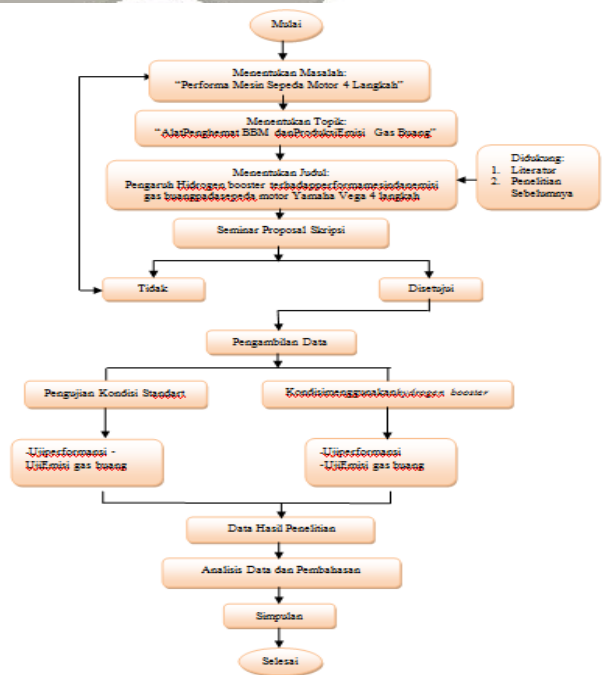
Penelitian lanjutan dilakukan oleh Latif (2009 dengan menggunakan honda Supra Fit, penambahan *electrolyzer* dengan 8 elektroda berupa plat *stainless stell* dihasilkan peningkatan torsi sebesar 6,35%, peningkatan daya efektif sebesar 7,25%, dan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 25,33%.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Sushandika (2009), dengan menggunakan Yamaha Mio, dengan menggunakan kawat *stainless stell* sebagai elektroda dengan dimasukkan ke dalam saluran vakum dan filter dihasilkan peningkatan torsi sebesar 52,94%, peningkatan daya efektif sebesar 50,00%, dan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 23,38%..

Penelitian ini melakukan penelitian yang telah dilakukan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan dari Sigit Wichayoi dkk menggunakan 2 elektroda berupa plat *stainless stell* sebagai elektroda dengan menggunakan katalis NaOH dan dengan pengisian melalui baterai dan spull. Dengan menggunakan *Hidrogen Booster Electrolyzer* ini akan mengetahui seberapa besar peningkatan performa dan penurunan emisi gas buang pada sepeda motor.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin FT Unesa. Waktu penelitian dimulai pada tanggal 22 dan 24 Mei 2013

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen murni. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemasangan *hydrogen booster electrolyzer* terhadap performa mesin dan emisi gas buang. Penelitian ini membandingkan antara kelompok standar (tanpa pemasangan *hydrogen booster electrolyzer*) dan kelompok eksperimen (memakai *hydrogen booster electrolyzer*).

Objek Penelitian

Adapun objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin Yamaha Vega Tahun 2002.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah semua yang akan menjadi objek pengamatan penelitian (Direktorat Pendidikan Tinggi dalam Nabuko, 2005:118).

Variabel yang termasuk dalam penelitian eksperimen ini adalah:

- **Variabel Bebas**

Variabel bebas merupakan kondisi-kondisi atau karakteristik-karakteristik yang oleh peneliti dimanipulasi dalam rangka untuk menerangkan hubungannya dengan fenomena yang diobservasi. Variabel ini disebut variabel pengaruh, sebab berfungsi mempengaruhi variabel lain (Nabuko, 2005:119).

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah motor Honda Vario standart berbahan bakar bensin dan motor Yamaha Vega dengan menggunakan *Hydrogen Booster Electrolyzer*.

- **Variabel Terikat**

Variabel terikat merupakan kondisi atau karakteristik yang berubah atau muncul ketika penelitian mengintroduksi, mengubah atau mengganti variabel bebas. Variabel ini dipengaruhi oleh variabel lain, karenanya juga disebut variabel yang dipengaruhi atau variabel terpengaruh (Nabuko, 2005:119).

Variabel terikat pada penelitian ini adalah performa mesin (torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar), dan emisi gas buang (CO , CO_2 , HC , O_2 , λ).

- **Variabel Kontrol**

Variabel kontrol merupakan variabel yang membatasi (sebagai kendali) atau mewarnai variabel moderator (penengah) (Nabuko, 2005:120).

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

- Putaran mesin yaitu 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm, 4500 rpm, 5000 rpm, 5500 rpm, 6000 rpm, 6500 rpm, 7000 rpm, 7500 rpm, dan 8000 rpm.
- Temperatur oli mesin saat pengujian $60^{\circ}C$.

Desain Penelitian

Hydrogen Booster Electrolyzer pada motor Honda Yamaha Vega terdiri dari tabung HHO, *water trap*, elektroda stainless stell, katalis NaOH, kabel, yang dirakit menjadi satu sehingga komponen-komponen dari sistem bahan bakar air ini akan tampak secara keseluruhan.

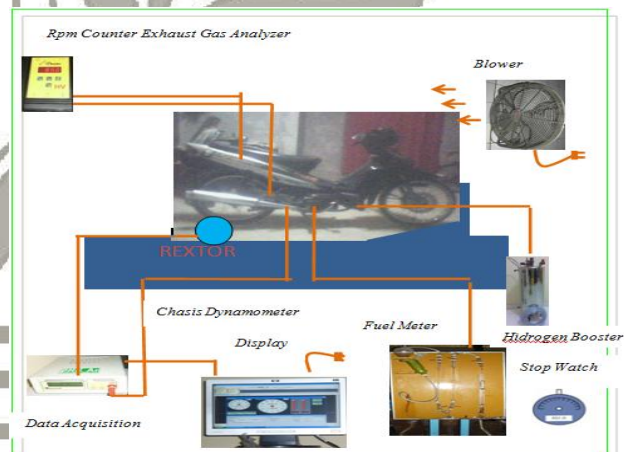
Adapun tampak *Hydrogen Booster Electrolyzer* secara keseluruhan pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. *Hydrogen Booster Electrolyzer*

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat ukur dan alat uji yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian. Instrumen yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3 tentang skema instrumen penelitian.



Gambar 3. Skema Instrumen Penelitian

- **Peralatan Penelitian**

Mesin Yamaha Vega

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah Honda Vario tahun 2010 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Diameter dan Langkah : 50,5 x 55,0 Mm
- Volume Langkah : $108,0 \text{ cm}^3$
- Perbandingan Kompresi : 10,7 : 1
- Daya Maksimum : 8,99 PS/8.000 rpm
- Torsi Maksimum : 0,86 kgf.m /6.500 rpm
- Susunan Silinder : Silinder Tunggal

- **Instrumen Penelitian**

- **Chassis Dynamometer**

- *Chassis dynamometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya yang dihasilkan mesin. Adapun spesifikasinya yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rextor Pro-dyno.

- **Exhaust Gas Analyzer**

- *Exhaust gas analyzer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar polutan gas buang yang merupakan hasil dari proses pembakaran mesin. Adapun spesifikasinya yang digunakan dalam penelitian ini adalah merk *BrainBee AGS-688*.

- **Metode Pengujian**

Untuk mendapatkan data penelitian yang akurat, maka pengujian dilakukan berdasarkan standar Pengujian Performa Mesin SAE J1349. Yaitu metode yang dilakukan pada kondisi bukaan *throttle* kontinu mulai dari *idle* sampai bukaan *throttle* maksimum (akselerasi). Data sensor putaran *roller* dengan pembebanan *inersia* dan putaran mesin secara otomatis akan terbaca data *acquisition* dan dikalkulasikan oleh program komputer. Setelah itu hasil kalkulasi torsi, daya kecepatan, waktu, dan jarak tempuh ditunjukkan lewat monitor.

Pengukuran emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005. Metode ini dilakukan dengan kondisi putaran *idle*, namun sebagai penelitian dapat dilakukan pengujian bukaan katup *throttle* yang berubah. Metode ini termasuk dalam pengujian beban sebagian (*part-load*), karena pengujian dilakukan dibawah kondisi *throttle* sebagian beban jalan (Warju, 2009:100)

- **Teknik Analisis Data**

Data yang telah terkumpul dimasukkan kedalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Data hasil penelitian tersebut dibandingkan antara .Analisis data menggunakan metode statistika deskriptif. Statistika deskriptif adalah fase statistika dimanahanya berusaha melukiskan dan menganalisis kelompok yang diberikan tanpa membuat atau menarik kesimpulan tentang populasi atau kelompok yang lebih besar (Sudjana, 2005:7).

Secara umum, penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat meningkatkan torsi mesin.

Pada putaran 3000 rpm sampai 6000 rpm efisiensi volumetrik turun karena tidak banyak waktu untuk mengisi silinder dengan campuran udara dan bahan bakar yang baik. Akibatnya, tekanan pembakaran menyebabkan torsi mesin menurun. Pada putaran menengah (6000 - 8000 rpm), efisiensi volumetrik cukup tinggi dan ini artinya silinder terisi campuran udara dan bahan bahan bakar dengan baik, sehingga tekanan pembakaran akan meningkat. Tingginya tekanan pembakaran menyebabkan torsi mesin menjadi lebih tinggi.. Sedangkan pada putaran tinggi (8000-9000 rpm), efisiensi volumetrik menurun dan silinder tidak memiliki cukup waktu untuk mengisi penuh campuran udara dan bahan bakar. Sehingga tekanan pembakaran yang dihasilkan akan turun dan diikuti pula dengan torsi mesin.

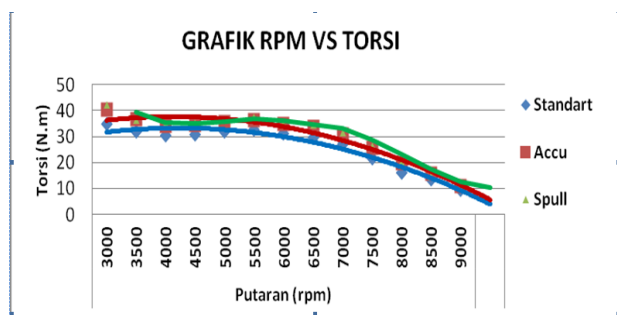
Dengan penambahan *hydrogen booster electrolyzer*, torsi yang dihasilkan mesin cenderung naik hingga didapatkan torsi maksimal. Karena dengan penambahan *hydrogen booster electrolyzer*, maka meningkatnya efisiensi volumetrik yang masuk ke ruang bakar karena adanya tambahan gas HHO. Silinder terisi campuran udara dan bahan bakar dengan baik, sehingga tekanan pembakaran akan meningkat. Apalagi bahan bakar hidrogen memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu 34.000 Kkal/kg., sedangkan bensin hanya sebesar 8100 Kkal/kg (Daryanto, 2003:77). Nilai kalor yang besar tersebut akan meningkatkan tekanan pembakaran pada ruang bakar. Meningkatnya tekanan pembakaran menyebabkan torsi yang dihasilkan mesin menjadi lebih tinggi.

Penggunaan *Hidrogen Booster Electrolyzer* dengan pengisian menggunakan *accu* maupun dengan pengisian menggunakan *spull* melalui *ciprox* tegangan yang diperoleh hampir sama. Karena fungsi *ciprox* pada *spull* sendiri adalah mengubah arus AC menjadi DC. Tegangan yang diperoleh pada pengisian baterai dalam keadaan normal sekitar 12 V, sedangkan penggunaan motor untuk putaran tinggi (± 5000 rpm) mencapai 14,5 V spesifikasi motor Yamaha (Nasirrudin, 2004:23). Maka arus tegangan pada baterai maupun *spull* salah satunya mempengaruhi hasil produksi gas HHO.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* dapat meningkatkan torsi pada sepeda motor empat langkah secara signifikan. Peningkatan tertinggi torsi yang dihasilkan mesin sebesar 23,51 % dicapai dengan pemasangan gas HHO pengisian melalui *spull* pada putaran 8000 rpm. Sedangkan peningkatan tertinggi torsi yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *accu* sebesar 22,29 % pada putaran 8000 rpm.

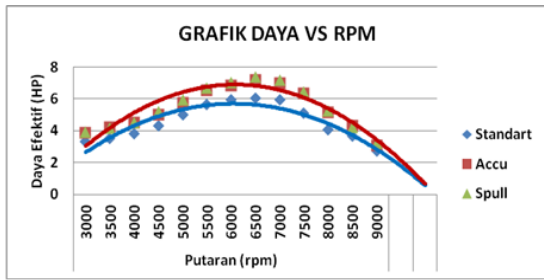
HASIL DAN PEMBAHASAN

Torsi



Gambar 4. Grafik Hubungan Putaran Mesin Terhadap Torsi (T)

Daya Efektif



Gambar 5. Grafik Hubungan Putaran Mesin Terhadap Daya Efektif

Secara umum, penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat meningkatkan torsi mesin.

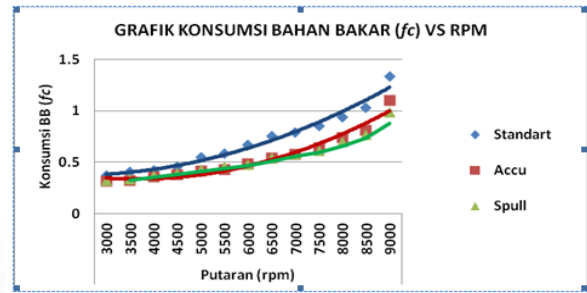
Titik maksimum yang dihasilkan mesin standar maupun dengan menggunakan *hydrogen booster electrolyzer* mencapai 6500 rpm, pada rentang 3000 rpm sampai 7000 rpm daya efektif yang dihasilkan mengalami kenaikan dikarenakan pembakaran berlangsung sempurna ($\lambda > 1$). Saat putaran 3000 rpm sampai 7000 rpm, daya efektif yang dihasilkan mesin perlahan naik secara signifikan hingga mencapai daya efektif maksimum yang mencapai 6500 rpm. Pada kondisi ini, campuran udara dan bahan bakar mendekati campuran *stoichiometric* sehingga pembakaran berlangsung sempurna yang pada akhirnya akan menaikkan daya efektif yang dihasilkan mesin. Namun, pada putaran tinggi (7000–9000 rpm) grafik daya efektif cenderung menurun. Hal ini disebabkan aliran udara dan bahan bakar mulai berkurang (efisiensi volumetrik menurun) sehingga campuran udara dan bahan bakar yang ditambahkan dengan gas HHO ke dalam ruang bakar tidak maksimum. Turunnya efisiensi volumetrik tersebut menyebabkan daya efektif menjadi menurun. Selain itu, menurunnya daya efektif pada putaran tinggi disebabkan semakin cepatnya proses pembakaran. Padahal proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar di ruang bakar memerlukan waktu. Oleh karena itu, daya dan efisiensi sangatlah tergantung pada pembakaran campuran udara dan bahan bakar, kesempurnaan campuran udara bakar tersebut dan waktu pengapian.

Peningkatan daya efektif yang dihasilkan mesin disebabkan karena meningkatnya efisiensi volumetrik yang masuk ke ruang bakar karena adanya tambahan gas HHO. Ini artinya silinder terisi campuran udara dan bahan bakar dengan baik, sehingga tekanan pembakaran akan meningkat. Meningkatnya tekanan pembakaran menyebabkan torsi yang dihasilkan mesin menjadi lebih tinggi. Meningkatnya torsi yang dihasilkan mesin secara otomatis akan meningkatkan daya efektif.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* dapat meningkatkan torsi pada sepeda motor empat langkah secara signifikan. Peningkatan tertinggi torsi yang dihasilkan mesin sebesar 28,81 % dicapai dengan pemasangan gas HHO pengisian melalui *spull* pada putaran 8000 rpm. Sedangkan peningkatan tertinggi

daya efektif yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *accu* sebesar % pada putaran 8000 rpm.

Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 6. Grafik Hubungan Putaran Mesin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar (*fc*)

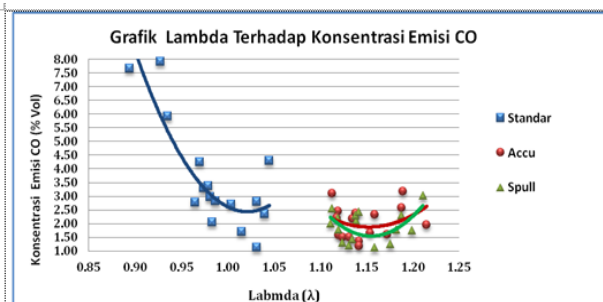
Secara umum, penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat menurunkan konsumsi bahan bakar mesin.

Pada putaran 6500 rpm dengan menggunakan *hydrogen booster electrolyzer*, antara HHO yang menggunakan baterai maupun *spull* dalam penelitian ini cenderung berdekatan (memiliki nilai yang sama ±1,5 Liter/jam). Hal ini disebabkan karena Yamaha Vega standar memiliki nilai daya efektif pada putaran 8000 rpm. Naiknya daya efektif pada mesin akan mempengaruhi penurunan konsumsi bahan bakar, sehingga pada putaran tersebut nilai konsumsi bahan bakar hampir sama dan berdekatan.

Turunnya konsumsi bahan bakar dengan menambahkan gas HHO disebabkan karena meningkatnya efisiensi volumetrik yang masuk ke ruang bakar. Sebagai contoh pada putaran 6500 rpm, untuk kelompok standar sebesar 0,750 liter/jam, sedangkan untuk kelompok eksperimen pada putaran 6500 rpm dengan pengisian baterai maupun *spull* mengalami penurunan sebesar 0,538 liter/jam.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor empat langkah secara signifikan. Penurunan tertinggi konsumsi bahan bakar yang dihasilkan mesin sebesar 28,27 % dicapai dengan pemasangan gas HHO pengisian melalui *accu* dan *spull* pada putaran 6500 rpm.

Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida (CO)



Gambar 7. Grafik Hubungan Lambda Terhadap Emisi CO

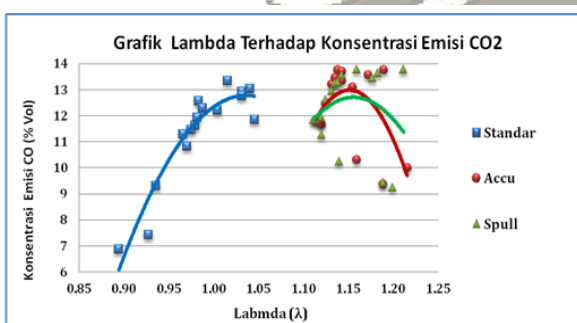
Secara umum, penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat menurunkan emisi CO pada mesin.

Pada mesin standar putaran 1500 rpm, emisi CO pada $\lambda = 0,894$, emisi CO yang dihasilkan mesin cenderung tinggi. Hal ini dikarenakan terjadi campuran kaya sehingga oksigen yang masuk ke ruang bakar terbatas dan tidak mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂ dan mengakibatkan CO pada kondisi tersebut tinggi. Namun pada putaran berikutnya CO yang dihasilkan mesin cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena kondisi tersebut terjadi campuran miskin sehingga oksigen yang masuk ke ruang bakar semakin bertambah dan mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂ sehingga CO semakin menurun.

Dengan menggunakan *hydrogen booster electrolyzer* melalui pengisian baterai maupun spull, putaran rpm berikutnya ($\lambda > 1$) mengalami penurunan secara signifikan. Menurunnya emisi CO dengan penambahan gas HHO ke ruang bakar disebabkan lambda (λ) semakin meningkat sehingga diindikasikan oksigen yang masuk ke ruang bakar semakin bertambah dan mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂ sehingga berdampak pada penurunan emisi CO secara signifikan.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* dapat menurunkan emisi CO pada sepeda motor empat langkah secara signifikan. Penurunan tertinggi emisi CO yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *spull* sebesar 77,05 % pada lambda (λ) 1,199. Sedangkan penurunan tertinggi emisi CO yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *accu* sebesar 74,45 % pada lambda (λ) 1,215.

Konsentrasi Emisi Karbondioksida (CO₂)



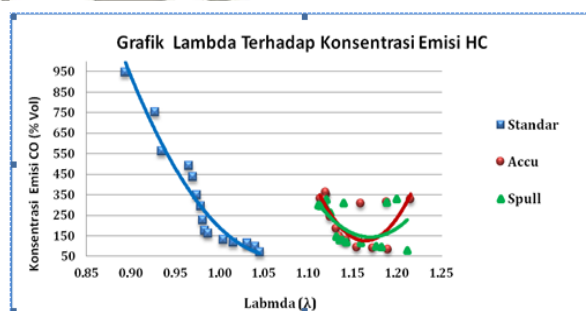
Gambar 8. Grafik hubungan Lambda Terhadap Konsentrasi Emisi CO₂

Pada mesin standar putaran 1500 rpm dengan $\lambda = 0,894$, CO₂ yang dihasilkan mesin cenderung rendah. Hal ini dikarenakan oksigen yang masuk ke ruang bakar terbatas dan tidak mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂ dan mengakibatkan CO₂ pada kondisi tersebut rendah. Namun ($\lambda > 1$) dengan menggunakan HHO pada kelompok eksperimen (baik menggunakan baterai maupun spull) CO₂ yang dihasilkan mesin semakin meningkat. Hal ini disebabkan pada kondisi tersebut oksigen yang masuk ke ruang bakar semakin bertambah dan mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂ sehingga emisi CO₂ tinggi.

Peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan mesin dengan menggunakan HHO ke ruang bakar disebabkan karena pada kondisi tersebut oksigen yang masuk ke ruang bakar semakin bertambah dan mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂ sehingga emisi CO₂ semakin meningkat.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* dapat menurunkan emisi CO₂ pada sepeda motor empat langkah secara signifikan. Peningkatan tertinggi emisi CO₂ yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *accu* sebesar 45,56 % pada lambda 1,199. Sedangkan peningkatan tertinggi emisi CO₂ yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *spull* sebesar 34,64 % pada lambda λ 1,215.

Konsentrasi Emisi Hidrokarbon (HC)



Gambar 9. Grafik hubungan Lambda Terhadap Konsentrasi Emisi HC

Secara umum, penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat menurunkan konsumsi bahan bakar mesin. Pada putaran 1500 rpm dengan lambda (λ) = 0,894, pada kelompok standar proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar berlangsung kurang sempurna. Hal ini disebabkan terjadi campuran kaya pada ruang bakar, dan mengakibatkan tingginya kadar emisi HC yang dihasilkan mesin.

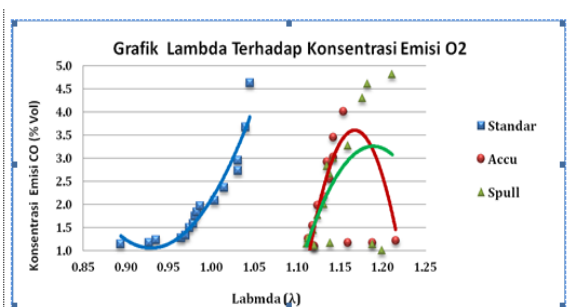
Dengan menggunakan HHO pada kelompok eksperimen (baik menggunakan baterai maupun spull pada putaran 1500 rpm sampai 8000 rpm ($\lambda > 1$)) terjadi penurunan HC secara signifikan dikarenakan campuran udara dan bahan bakar mendekati campuran *stoichiometric* dan pembakaran berlangsung sempurna. Hal ini mengakibatkan kadar emisi HC cenderung turun.

Naiknya emisi HC disebabkan ; 1) pembakaran yang kurang sempurna karena kekurangan O₂ sehingga ada sebagian bahan bakar yang belum terbakar dan keluar yang terbuang masih dalam bentuk hidrokarbon, 2) pada campuran kurus konsentrasi emisi HC akan naik disebabkan karena kurangnya pasokan bahan bakar sehingga menyebabkan rambatan bunga api menjadi lebih lambat dan bahan akan segera keluar, 3) pada kondisi kaya konsentrasi emisi HC akan naik disebabkan karena sebagian bahan bakar tidak ikut terbakar.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* dapat menurunkan emisi HC pada sepeda motor empat langkah secara signifikan. Penurunan tertinggi emisi HC yang dihasilkan mesin dengan menggunakan

pengisian *accu* sebesar 65,43 % pada lambda λ 1,215. Sedangkan penurunan tertinggi emisi HC yang dihasilkan mesin dengan menggunakan pengisian *spull* sebesar 64,80 % pada lambda λ 1,199

Konsentrasi Emisi Oksigen (O₂)



Gambar 10. Grafik Lambda Terhadap Konsentrasi Emisi O₂

Secara umum, penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat menaikkan konsentrasi oksigen (O₂) yang dihasilkan oleh emisi gas buang sepeda motor Yamaha Vega. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan gambar 4.7.

Pada Konsentrasi O₂ pada $\lambda = 0,935$, konsentrasi gas buang oksigen dalam gas buang sedikit hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut terjadi campuran kaya (udara yang masuk sangat terbatas, sehingga oksigen yang masuk ke ruang bakar masuk dengan maksimal).

Peningkatan konsentrasi O₂ yang dihasilkan mesin disebabkan karena penambahan gas HHO ke ruang bakar sehingga konsentrasi oksigen pada gas buang cenderung bertambah.

PENUTUP

Simpulan

Dari serangkaian penelitian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Hydrogen Booster Electrolyzer* berpengaruh terhadap performa mesin dan kadar emisi gas buang sepeda motor Yamaha Vega 4 Langkah tahun 2002.

- Penggunaan *Hydrogen Booster Electrolyzer* sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002 dapat meningkatkan torsi (*torque*), dan daya (*power*). Peningkatan torsi tertinggi sebesar 23,51% didapatkan pada putaran 8000 rpm dengan menggunakan HHO pengisian *spull*. Peningkatan daya tertinggi sebesar 23,51% didapatkan pada putaran 2000 rpm dengan menggunakan HHO pengisian *spull*. Sedangkan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi sebesar 28,27% didapatkan pada putaran 6000 rpm dengan menggunakan HHO pengisian *accu* maupun *spull*.
- Penggunaan *Hydrogen Booster Electrolyzer* pada sepeda motor Yamaha Vega 4 Langkah tahun 2002 dapat menurunkan kadar emisi gas buang seperti CO, HC, dan meningkatkan emisi CO₂. Penurunan CO tertinggi sebesar 77,50% didapatkan pada

putaran 1500 rpm dengan menggunakan HHO pengisian *spull*. Peningkatan CO₂ tertinggi sebesar 45,56% didapatkan pada putaran 3500 rpm dengan menggunakan HHO pengisian *accu*. Sedangkan penurunan HC tertinggi sebesar 77,67% didapatkan pada lambda (λ) 1,215 dengan menggunakan bahan bakar HHO pengisian *accu*.

Saran

Dari serangkaian pengujian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Penelitian lanjutan disarankan untuk meneliti pengaruh penggunaan *hydrogen booster electrolyzer* untuk mengurangi dampak emisi gas buang.
- Penelitian lanjutan disarankan untuk memvariasikan bahan *hydrogen booster electrolyzer*, tebal plat, tinggi plat dan desain.
- Penelitian lanjutan disarankan untuk memvariasi komposisi larutan atau katalis yang lain.
- Penambahan campuran air *aquades* dan katalis NaOH pada *Hydrogen Booster Electrolyzer* terbukti efektif menurunkan emisi CO dan HC, sehingga *Hydrogen Booster Electrolyzer* dapat diaplikasikan ke sepeda motor Yamaha Vega tahun 2002.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 2005. *Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- As'adi, Muhammad. 2010. *Kajian Penambahan HHO Pada Motor Bensin. 115 CC*. Jakarta: Progam Studi Teknik Mesin-UPN Veteran
- Bosch G, Robert. 2003. *Emission-Control Technology For Gasoline Engines*. Stuttgart: Jerman.
- Budiono. 2011. *Unjuk kemampuan Water Electrolyzer dengan Katalis KOH Terhadap Performa Sepeda Motor 4 Langkah*. Skripsi yang tidak diterbitkan. Surabaya Jurusan Teknik Mesin FT-Unesa.
- Heizler, Heinze. inz. 1995. *Advanced Engine Technology*. London: Edward Arnold.
- Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamental*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Karyadi, Rackhmat. 2010. *Pengujian Catu Daya 12 Volt DC 7,5 Ampere Pada Penggunaan Electrolyer Terhadap Konsumsi Baan Bakar Jenis Premium*. Jakarta: Teknik Mesin-Universitas Gunadharma.
- Soenarta, Nakoela, dan Furuham, Soichi. 2007. *Motor Serba Guna*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Sudirman. Urip. 2008. *Hemat BBM dengan Air*. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Tjokrowisastro, E.H. dan Widodo, B.U.K 1990. *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*. Surabaya: Jurusan Teknk Mesin FTI-ITS.
- Tim Otomotif. 2008. *1001 Cara Hemat BBM*. Jakarta: PT. Dunia Otomotifindo..

Tim 2008. *Panduan Penulisan dan Penilaian Skripsi*.
Surabaya: University Press.

Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan
Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.