

APLIKASI GAS HHO PADA SEPEDA MOTOR 150 cc

Nofriyandi.R¹, Prof. Dr. Ir. H. Djoko Sungkono K., M.Eng.Sc².

Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya, Indonesia^{1*}

e-mail : nofri.yandi05@gmail.com

Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya, Indonesia²

Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS Surabaya, Indonesia³

Abstrak

Kualitas pembakaran dapat ditingkatkan dengan penambahan gas hidrogen dan oksigen yang diperoleh dari elektrolisis air, bahkan dapat mengurangi pemakaian bahan bakar utama. Pada penelitian ini sepeda motor dipakai sebagai alat uji. Hasil elektrolisis disalurkan pada intake atau saluran masuk karburator. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen. Tahapan pertama yaitu membuat generator HHO tipe dry menggunakan plate SS316L. Ukuran plate 70 mm x 70 mm, bagian tengah plate di lubangi Ø 12 mm, bagian atas dan bagian bawah plat dilubangi Ø 10 mm. Generator HHO terdiri dari 6 cell dan 4 plat netral untuk masing-masing cell dengan penambahan 5 gram KOH. Hasil produksi gas HHO diaplikasikan pada sepeda motor 150 cc. Penelitian dipakai cara perbandingan antara bahan bakar pertamax (RON 91) dengan bahan bakar campuran pertamax + gas HHO. Dari hasil penelitian terjadi peningkatan daya sebesar 50 % pada 3000 rpm, torsi meningkat 29,41 % pada 3000 rpm, *BMEP* meningkat 41,46 % pada 3000 rpm, mengurangi *Sfc* 50,63 % pada 3000 rpm, menurunkan CO 39,53 % pada 3000 rpm, menurunkan CO₂ 18,2 % pada 3000 rpm dan peningkatan O₂ 11,01 % pada 3000 rpm

Kata kunci: HHO, pertamax, emisi, cell, plate netral, KOH.

1. Pendahuluan

Di Indonesia pada akhir-akhir ini sudah mulai dikembangkan bahan bakar alternative yaitu dengan mencampurkan brown gas yang didapat dari elektrolisis air, dengan bahan bakar pada mesin bensin dapat meningkatkan tenaga, mengurangi pemakaian bahan bakar, serta memperbaiki kualitas emisi gas buang.

Pada penelitian Sa'ed A. Musmar dan Ammar A. Al-Rousan penambahan bahan bakar gas HHO dengan generator *type wet* pada *engine* kandungan nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen oksida (NOx) berkurang 50%, karbon monoksida (CO₂) berkurang 20%. Juga pengurangan konsumsi bahan bakar 20% dan 30%. Penelitian Ali Can Yilmaz, Erinc, Uludamar, Kadir Aydin menghasilkan peningkatan torsi mesin dengan rata-rata 19,1%, mengurangi emisi CO rata-rata 13,5%, emisi HC sebesar rata-rata 5% dan SFC dengan rata-rata 14%. Dendy Widyantara (2011) Teknik Mesin ITS Generator rangkaian seri HHO menyebabkan kenaikan daya sebesar 19%, torsi sebesar 15%, *bmp* sebesar 18% dan penurunan *Sfc* sebesar 25%. Sedangkan pada variasi generator HHO rangkaian parallel menyebabkan kenaikan daya sebesar 14%, torsi sebesar 11%, dan *bmp* sebesar 14% ; penurunan *Sfc* sebesar 20%.

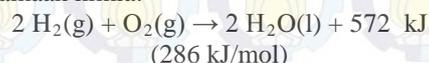
Dari berbagai penelitian diatas menjadi landasan utama melakukan penelitian untuk mengetahui unjuk kerja pemakaian bahan bakar gas hidrogen terhadap kadar emisi gas buang dan *performance* mesin sepeda motor 150 cc. Generator HHO yang digunakan generator tipe *dry*, generator tipe

dry sangat sesuai digunakan pada kendaraan yang berkapasitas kecil seperti sepeda motor, ini dikarenakan *design* yang lebih efektif, efisien dalam penggunaannya dan menghasilkan *performance* yang bagus. Dari penelitian menggunakan generator tipe *dry* ini diharapkan bisa dimanfaatkan dalam penggunaan langsung pada sepeda motor dengan *performance* yang lebih bagus (meningkatkan *performance*) dan mengurangi emisi gas buang yang ramah lingkungan.

2. Metode yang diterapkan

2.1 Elektrolisis Air

Pada prinsipnya air memang dapat diubah menjadi hidrogen dengan teknik elektrolisis dan gas hidrogen digunakan sebagai bahan bakar. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Tabel 1: Karakteristik perbandingan bahan bakar LPG dibandingkan dengan bahan bakar premium

The properties of hydrogen	Unleaded gasoline	Hydrogen
Autoignition temperature (K)	533–733	858
Minimum ignition energy (mJ)	0.24	0.02
Flammability limits (volume % in air)	1.4 - 7.6	4 - 75
Stoichiometric air-fuel ratio on mass basis	14.6	34.3
Limits of flammability (equivalence ratio)	0.7 - 3.8	0.1 - 7.1
Density at 16 °C and 1.01 bar (kg/m ³)	721 - 785	0.0838
Net heating value (MJ/kg)	43.9	119.93
Flame velocity (cm/s)	37 - 43	265 - 325
Quenching gap in NTP air (cm)	0.2	0.064
Diffusivity in air (cm ² /s)	0.08	0.63
Research octane number	92 - 98	130
Motor octane number	80 - 90	-
Flashpoint	Approximately -45 °F (-43 °C; 230 K)	< -423 °F (< 253 °C; 20 K)

Sumber : International journal of hydrogen energy 35 (Ali Can Yilmaz, Erinc, Uludamar Kadir Aydin 2010) 11366 - 11372 dan hydrogen fuel cell engines and related technologies Rev 0, December 2001

elektrodanya tidak terendam elektrolit atau elektroda elektrodanya tidak berada didalam sebuah bejana elektrolit. Elektrolit pada generator ini hanya berisi pada celah-celah antara elektrodanya.

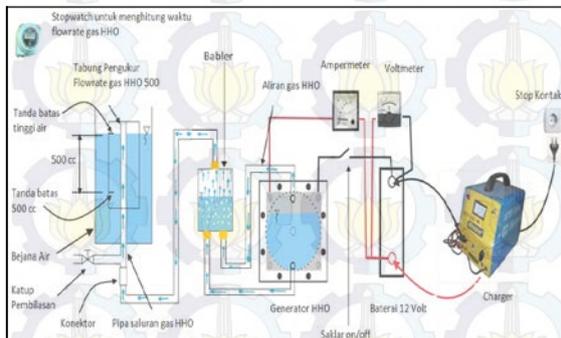


Gambar 1 Generator HHO tipe kering (dry type/dry cell)

Pada penelitian ini peneliti menggunakan generator HHO tipe kering (dry type).

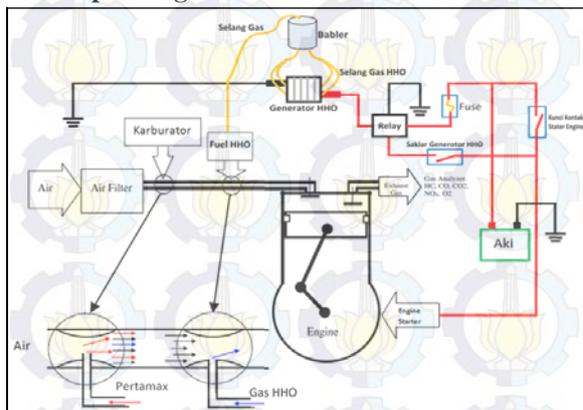
2.2 Pengujian Peformance Generator HHO

Pengujian *performance* generator HHO tipe *dry* bertujuan melihat kemampuan generator dalam memproduksi gas HHO yang akan dimasukan kedalam ruang bakar. Parameter hasil yang akan didapat berupa daya, waktu produksi (500 ml/menit), efisiensi dan temperature kerja. Pengujian diambil selama 120 menit. Pengujian dilakukan seperti gambar 2.



Gambar 2. Skema Pengujian Aplikasi gas HHO

2.3 Aplikasi gas HHO



Gambar 3. Skema Pengujian Aplikasi gas HHO

2.4 Parameter-parameter Performa Mesin Kendaraan Bermotor

a. Daya

$$P = V \times I \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

P = Daya

V = Voltase

I = Amper

b. Laju produksi

$$\dot{m} = Q \times \rho \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

\dot{m} = Laju Produksi (kg/s)

Q = Debit produksi (m³/s)

ρ = Massa Jenis HHO (kg/m³)

$$Q = V/t \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

V = Volume gas terukur (m³)

t = waktu produksi (detik)

c. Efisiensi

$$PV = n\bar{R}T \quad \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

P = Tekanan Gas ideal (atm)

V = Volume gas terukur (L)

n = Molaritas senyawa (mol)

\bar{R} = Gas ideal (L.atm/mol.K)

$$P \dot{V} = \dot{n} \bar{R} T \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\dot{n} = \frac{P \dot{V}}{\bar{R} T} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

\dot{V} = Volume per detik (Liter/s)

\dot{n} = Molaritas senyawa per waktu (mol/s)

Maka,

$$\eta = \frac{\text{Energi teoritis yang digunakan untuk elektroda}}{\text{Energi aktual yang dibutuhkan generator HHO}} \times 100 \%$$

$$= \frac{\Delta h_f \dot{n}}{(VI)} \times 100 \%$$

d. Torsi (*Torque*)

$$T = F \cdot r \quad (\text{N.m}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya yang bekerja pada torak (N)

r = Panjang lengan poros (*crank arm* 1/2 langkah torak) (m)

e. Daya

$$P = 2\pi \times n \times T \quad \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

P = Daya poros (KW)

T = Torsi (N.m)

N = Putaran mesin (rpm)

f. Tekanan Efektif Rata-rata (*bmep*)

$$bmep = \frac{a \times P}{\frac{\pi}{4} D^2 \times S \times n} \quad (\text{Pa}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

- B_{mep} = Tekanan efektif rata-rata (Pa)
- P = Daya poros (KW)
- D = Diameter silinder (m)
- S = Panjang langkah torak (m)
- n = Putaran mesin (rpm)
- a = Jumlah siklus perputaran (1 untuk motor 2 langkah dan 2 untuk motor 4 langkah)

g. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- \dot{m}_f = Laju aliran massa bahan bakar ($\frac{kg}{s}$)
- P = daya poros (KW)

3 Peralatan dan Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

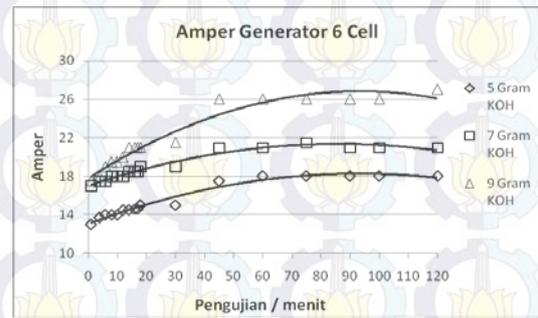


Gambar 4 Skema instrumen penelitian

- a. Mesin Honda New MegaPro Tahun Perakitan 2014
 - Tipe mesin : 4 langkah, OHC
 - Sistem pendingin : Pendingin udara
 - Diameter x langkah : 57,3 mm x 57,8 mm
 - Kompresi rasio : 9,5 : 1
 - Volume silinder : 149,2 cc
 - Daya maksimum : 10,1 kW / 8500 rpm
 - Torsi maksimum : 12,8 N.m / 6.500 rpm
 - Sistem pengapian : DC -CDI
- b. Exhaust Gas Analyzer (Alat pengukur emisi gas buang)
- c. Chassis Dynamometer (Alat pengukur daya dan torsi yang dihasilkan mesin)
 - Nama : Rextor Pro – Dyno
 - Tegangan : 220 V 50/60 Hz
 - Range operasi : 6.000 rpm dengan 150 gigi
 - Kemampuan : 15 KHz
 - Tipe sensor : Digital Pick-Up

4. Pembahasan Hasil

4.1 Amper

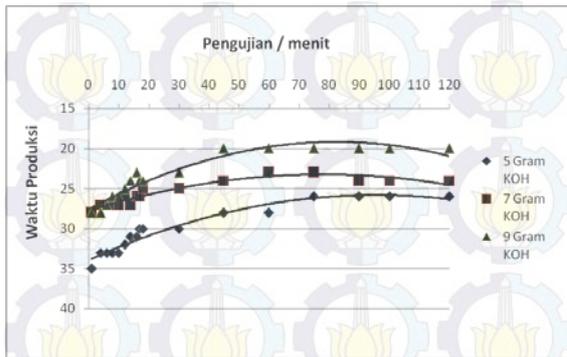


Gambar 5 Amper Generator Terhadap Waktu

Hasil uji generator pada Gambar 5 merupakan nilai rata-rata dari setiap hasil pengujian pada masing-masing cell yang dilakukan selama 120 menit setiap cell dengan kandungan jumlah konsentrasi KOH yang berbeda seperti terlihat pada lampiran. Dari hasil uji pada grafik 5 terlihat adanya beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya peningkatan besar amper yaitu jumlah campuran larutan elektrolit (KOH), larutan elektrolit akan mempengaruhi besarnya energy yang dibutuhkan agar bias terjadi reaksi kimia dalam larutan (*Svante Arrhenius, 1903*). Lautan elektrolit yang mengandung ion-ion (anion dan kation) berfungsi sebagai penghantar arus listrik, hal inilah yang mempengaruhi besarnya arus listrik. Efek dari arus listrik yang semakin besar menyebabkan pergerakan ion-ion tersebut akan semakin cepat. Semakin cepat pergerakan ion-ion akan menimbulkan gesekan antara ion yang semakin besar sehingga temperature larutan semakin tinggi dan semakin lama suatu larutan bereaksi menyebabkan kondisi larutan akan semakin jenuh hal inilah yang menyebabkan berkurangnya persentase peningkatan laju produksi dari 7 gram KOH ke 9 gram KOH.

Jumlah cell. Semakin banyak jumlah cell maka akan semakin besar produksi gas HHO yang dihasilkan terlihat pada gambar 5 diatas. Peningkatan ini disebabkan banyaknya jumlah ruang plat yang menghasilkan gas HHO karena masing-masing cell menghasilkan gas HHO pada setiap kutub positif dan negatifnya.

4.2 Waktu Produksi

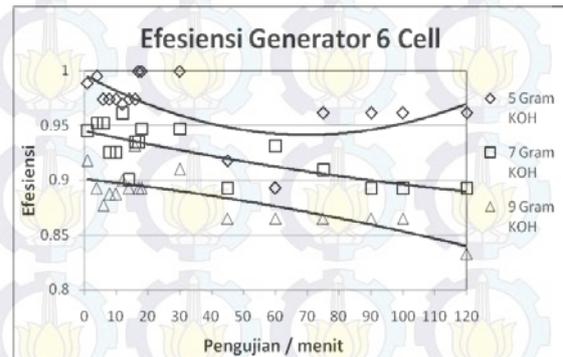


Gambar 6 Waktu Produksi Generator Terhadap Waktu

Waktu dan lama serta perlakuan pengambilan data hasil uji generator pada Gambar 6 diambil bersamaan dengan hasil uji ampre pada generator. Dari hasil uji pada gambar 6 diatas terlihat tren yang berbanding lurus dengan hasil pengujian amper yaitu pada gambar 6 Hal ini disebabkan efek dari arus listrik yang semakin besar sehingga pergerakan ion-ion tersebut akan semakin cepat. Semakin cepat pergerakan ion-ion akan menimbulkan gesekan antara ion yang semakin besar sehingga temperature larutan semakin tinggi dan semakin lama suatu larutan bereaksi menyebabkan kondisi larutan akan semakin jenuh hal inilah yang menyebabkan berkurangnya persentase peningkatan laju produksi pada 9 gram KOH jika dibandingkan dengan 7 gram KOH dan 5 gram KOH yang menghasilkan peningkatan produksi signifikan. Besarnya suhu temperature pada generator juga akan mempengaruhi penghasilan gas HHO, jika tempratur semakin besar akan menyebabkan banyaknya energi yang keluar sehingga menyebabkan berkurangnya kemampuan elektrolisis pada generator yang berakibat terhadap ikut berkurangnya hasil produksi gas HHO, ini terlihat pada generator HHO yang menggunakan 6 cell dengan campuran konsentrasi 9 gram KOH yaitu pada temperature 79°C .

Jumlah cell juga ikut mempengaruhi hasil produksi gas HHO. Semakin banyak jumlah cell maka akan semakin besar produksi gas HHO yang dihasilkan terlihat pada gambar 4.2 diatas. Peningkatan ini disebabkan banyaknya jumlah ruang plat yang mengkasikan gas HHO karena masing2 cell menghasilkan gas HHO pada setiap kutup positif dan negatifnya

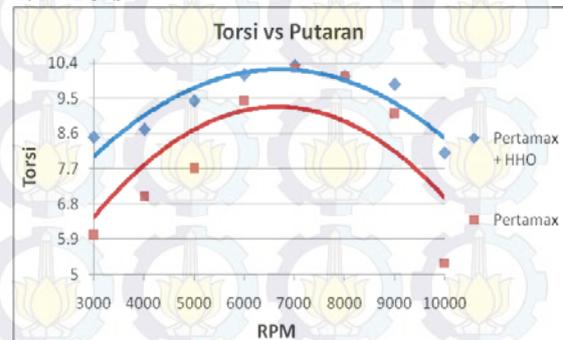
4.3 Efisiensi Generator



Gambar 7 Efisiensi Generator Terhadap Waktu

Dari gambar 7 diatas terlihat bahwa trendline yang berbanding terbalik dengan grafik pada gambar 5 dan gambar 6. Hal ini di sebabkan karena semakin besar arus yang masuk pada generator maka semakin besar pula nilai lossis panas yang keluar dari generator sehingga terjadi pengurangan nilai efisiensi pada kerja generator. Terlihat pada trendline 9 gram KOH adanya penurunan efisiensi yang sangat signifikan pada grafik di atas, ini di sebabkan temperatur yang sangat tinggi pada generator HHO ketika menggunakan cell empat, lima dan enam.

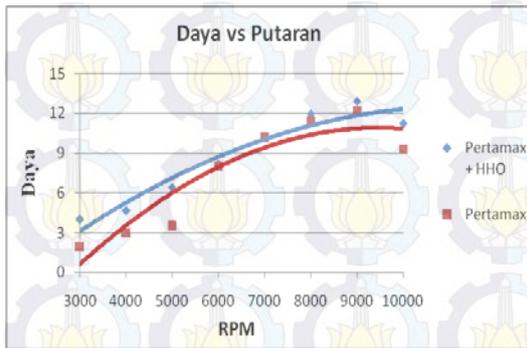
4.4 Torsi



Gambar 8 Torsi Terhadap RPM

Gambar 8 memperlihatkan bahwa pada putaran mesin rendah (3000 rpm sampai 4000 rpm) torsi yang dihasilkan meningkat dengan bertambahnya putaran mesin dan torsi mencapai titik maksimum (putaram mesin 7000 rpm), kemudian torsi yang dihasilkan berkurang seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Berkurangnya torsi ketika putaran mesin bertambah disebabkan karena nilai AFR aktual yang semakin miskin seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Penggunaan bahan pertamax murni pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan torsi yang dihasilkan dari penggunaan campuran bahan bakar pertamax-HHO.

4.5 Daya

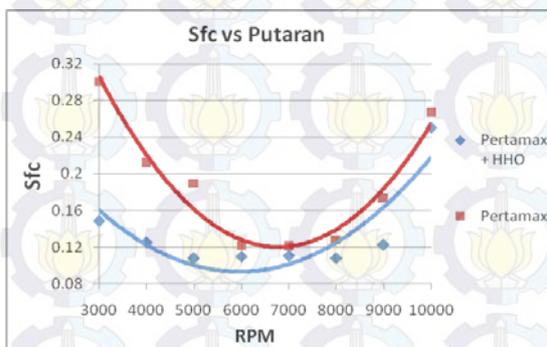


Gambar 9 Daya Terhadap RPM

Pada gambar 9 terlihat bahwa daya mesin bertambah seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Daya mesin maksimum (putaran 9000 rpm) dan kemudian berkurang pada putaran mesin yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena kerugian gesekan (*friction loss*) meningkat dengan bertambahnya putaran mesin dan menjadi faktor dominan pada putaran mesin yang lebih tinggi (Pulkrabel, 1997 hal. 52).

Selanjutnya penggunaan bahan pertamax murni pada penelitian ini torsi dan daya yang dihasilkan pada pengguna bahan bakar pertamax murni lebih rendah dibandingkan dengan yang dihasilkan dari penggunaan campuran bahan bakar pertamax+HHO. Hal ini disebabkan nilai kalor atau *heating value* bahan bakar h. Hidrogen memiliki *heating value* yang jauh lebih tinggi dibandingkan pertamax (sekitar 63,3% lebih tinggi). Sebagaimana terlihat pada Tabel 1, pertamax memiliki *heating value* 43,9 MJ/kg sedangkan hidrogen memiliki *heating value* 119,93 MJ/kg.

4.6 Sfc



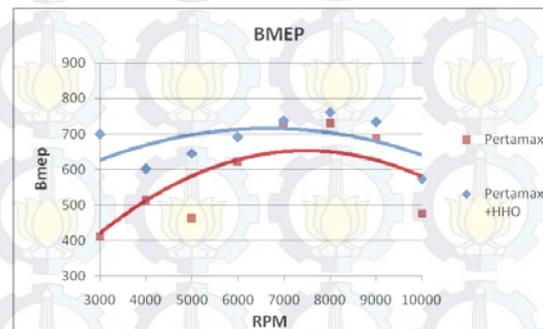
Gambar 10 Sfc Terhadap RPM

Terlihat pada grafik 10 setelah trendline menurun pada titik tertentu naik lagi ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan mesin maka konsumsi bahan bakar juga akan semakin meningkat sedangkan kenaikan daya tidak signifikan dan mulai kembali turun. Hal ini juga disebabkan

karena pada kecepatan tinggi kerugian gesekan (*friction loss*) akan lebih besar sehingga konsumsi bahan bakar juga meningkat (Pulkrabek, 1997 hal. 57).

Dengan penambahan generator gas HHO trendline konsumsi bahan bakar spesifik menjadi lebih rendah dari pada menggunakan bahan bakar pertamax murni. Ini disebabkan adanya penambahan pasokan energi baru dari HHO yang juga mempengaruhi terhadap peningkatan daya pada mesin sehingga mengurangi penggunaan pada bahan bakar pertamax murni. Namun pada kondisi titik paling rendah pada bahan bakar pertamax murni dengan dipasang generator gas HHO cenderung berhimpitan. Dalam artian tidak ada perbedaan yang cukup signifikan terhadap konsumsi bahan bakar spesifik ini dikarenakan perbandingan daya maksimum yg dihasilkan antidak begitu besar sehingga akan berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar spesifik.

4.7 Tekanan Rata-rata

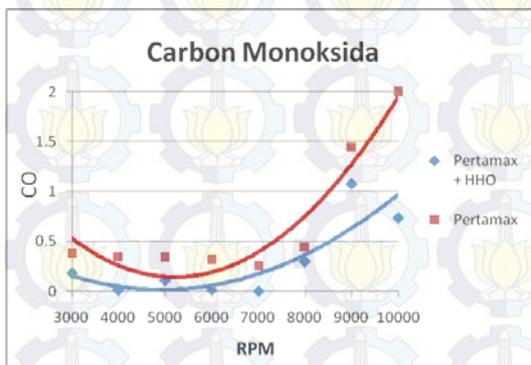


Gambar 11 Bmep Terhadap RPM

Dari gambar 11 diatas terlihat bahwa besar bmep naik seiring dengan bertambahnya putaran mesin, hal ini disebabkan pemakaian bahan bakar kedalam ruang bakar yang semakin besar, sehingga pembakaran yang terjadi semakin besar. Namun pada putaran 7000 rpm bmep mulai turun karna lebih besarnya persentase penambahan putaran mesin dari pada daya yang dihasilkan. Dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar pertamax murni tanpa penambahan generator gas HHO, nilai bmep pada mesin dengan penambahan generator gas HHO memiliki nilai lebih tinggi. Hal ini dikarenakan Flame velocity pada *hydrogen* jauh lebih besar dari pertamax terlihat pada table 1, sehingga menyebabkan rambatan pembakaran pada ruang bakar menjadi cepat akibatnya tekanan pembakaran yang dihasilkan menjadi lebih optimal dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar pertamax murni. Turunnya perbandingan besar nilai antara penambahan gas HHO dengan pertamax murni di atas pada putaran tinggi disebabkan suplai gas HHO yang dihasilkan generator cenderung konstan, walaupun adanya

peningkatan produksi gas HHO tidak sebanding dengan kebutuhan.

4.8 Carbon Monoksida

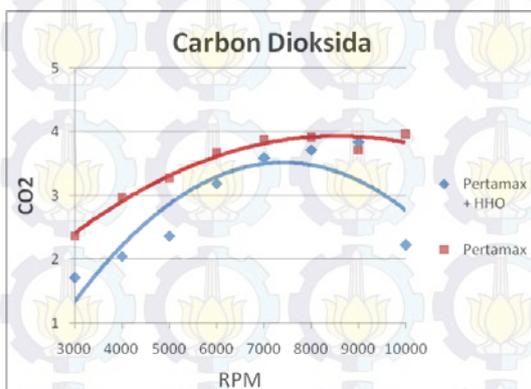


Gambar 12 Carbon Monoksida Terhadap RPM

Dari gambar 12 diatas terlihat trandline pada grafik carbon monoksida bahwa pada putaran rendah (3000 rpm) kadar CO yang dihasilkan dari reaksi pembakaran terlihat tinggi dan terjadi penurunan sampai putaran 7000 rpm. Hal ini disebabkan karna pada putaran 3000 rpm bahan bakar kekurangan oksigen (O_2) yang berasal dari udara berikatan melalui reaksi kimia didalam ruang bakar dan berubah menjadi karbon dioksida (CO_2) seperti gambar 14.

Dengan adanya penambahan gas HHO kedalam ruang bakar dapat mengurangi kadar reaksi emisi karbon monoksida dari hasil pembakaran dalam ruang bakar, jika dibandingkan dengan hanya menggunakan bahan bakar pertamax. Hal ini disebabkan karna gas HHO yang terdiri dari hidrogen dan oksigen yang dapat meningkatkan hemogenisan dari campuran udara dan bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran yang sempurna dan efisien pada mesin.

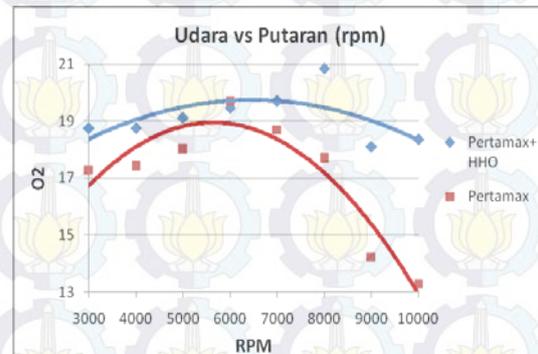
4.9 Carbon Dioksida



13 Carbon Dioksida Terhadap RPM

Pada grafik gambar 13 menunjukkan kadar emisi CO_2 yang dihasilkan dari penggunaan penambahan bahan bakar gas HHO dari putaran

3000 rpm sampai 1000 rpm terjadi punguran sebesar 18,19 %. Ini disebabkan karna adanya penambahan bahan bakar gas HHO yang terdiri dari hidrogen dan oksigen yang dapat meningkatkan hemogenisan dari campuran udara dan bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran yang sempurna dan efisien pada mesin seperti pada kadar emisi CO.



Gambar 14 Udara Terhadap RPM

5. Kesimpulan

Terjadi peningkatan *performance* mesin dengan penggunaan penambahan bahan bakar gas HHO pada setiap putaran, pada putaran 3000 rpm terjadi peningkatan daya sebesar 50 %, pada putaran 1000 rpm daya meningkat 16,96 % rata-rata peningkatan dari 3000 rpm sampai 10000 rpm 14,26 %. Peningkatan torsi pada putaran 3000 rpm 29,41 %, pada putaran 10000 rpm torsi meningkat 34,56 % rata-rata peningkatan dari 3000 rpm sampai 10000 rpm 13,59 %. Peningkatan tekanan rata-rata pada putaran 3000 rpm 41,46 %, pada putaran 10000 rpm 16,96 % rata-rata peningkatan dari putaran 3000 rpm sampai 10000 rpm 15,09 %.

Terjadi pengurangan *Sfc (specific fuel consumption)* pada mesin dengan penambahan bahan bakar gas HHO pada setiap putaran, pada putaran 3000 rpm sfc berkurang 50,63 %, pada putaran 10000 rpm sfc berkurang 6,10 % rata-rata penurunan sfc pada putaran 3000 rpm sampai 10000 rpm 19,54 %.

Terjadi penurunan kadar emisi gas buang dengan penambahan bahan bakar gas HHO kedalam ruang bakar. Kadar emisi gas buang CO menurun sebesar 39,52 %, CO_2 sebesar 18,19 %, dan terjadi peningkatan oksigen sebesar 11,01 %.

6. Ucapan Terimakasih

Penghargaan dan ucapan terimakasih kepada kedua orang tua dan keluarga, kepada pembimbing tesis (Prof. Dr. Ir. H. Djoko Sungkono K. M.Eng. Sc), kepada teman-teman lab TPBB ITS, kepada teman-teman angkatan 2012 RKE.

7. Pustaka

- A. Ammar dan Al-Rousan “*Reduction of fuel consumption in gasoline engines by introducing HHO gas into intake manifold*” fuel, Vol. 35, hal 12930-12935.
- Based on JANAF Thermochemical Tables, NSRDS-NBS-37, (1971) ; *Selected Value Note 270-3*, 1968 ; and *API Research Project 44*, Carnegie Press, 1953. Heating values calculated.
- Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies: Rev 0, December 2001
- Musmar, Sa’ed A dan Al-Rousan, Ammar A, “*Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines*” fuel, Vol 90, hal 3066-3070
- Obert, Edward F, (1973), *Internal Combustion Engines and Air Pollution*, Harper & Row, Publisher, Inc, New York.
- Pulkrabek, Willard W (1997), *Internal Combustion Engine*, Prentice Hall, New Jersey.
- Robert, Bosch GmbtH, (2006), *Gasoline-Engine Management*, John Wiley, England.
- SNI, 2005, *Emisi Gas Buang-Sumber Bergerak-Bagian 1: Cara Uji Kendaraan Bermotor kategori M,N dan O Berpenggerak Penyalaan Cetus Api Pada Kondisi Idle*, Badan Standarisasi Nasional 09-7118.1.2005, Jakarta.
- Widyantara, Dendy, (2011), *Pengaruh Penambahan Generator HHO dengan Variasi Rangkaian Generator HHO Seri dan Paralel Terhadap Unjuk Kerja Mesin Honda Supra X 125 PGM-FI*, Tugas Akhir ITS, Surabaya
- Yilmaz, Ali Can., Erinc., Uludamar., Aydin Kadir, (2010), “*Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines*” hydrogen energy, Vol. 35, hal 11366-11372.