

PENGARUH PENGGUNAAN SATURATED WATER INJECTION TEHADAP INTAKE AIR TEMPERATURE dan EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA VARIO INJEKSI 125CC

Muhammad Adib Dwi Anugerah¹, Muchammad Harly², M. Ihwanudin³
¹⁻³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang
¹muhammad.adib.1705136@students.um.ac.id

Abstrak

Penelitian ini memiliki tujuan mengetahui pengaruh dari penggunaan saturated water injection dengan variasi saturated water terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Honda vario 125cc menggunakan bahan bakar pertalite. Emisi gas buang mengandung gas ang berbahaya yaitu karbon monoksida dan Hidro karbon, yang apabila berlebihan maka gas tersebut akan berbahaya bagi kehidupan dalam jangka panjang. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan kadar oksigen ke dalam pembakaran melalui cara menginjeksikan air kedalam ruang bakar, alasan mengapa air yang ditambahkan yaitu air memiliki kandungan oksigen dan hidrogen yang tinggi. Hasil pengujian rata-rata emisi gas buang karbon monoksida sepeda motor dengan penggunaan water injection lebih rendah dibandingkan dengan tanpa water injection dengan perbandingan 0,20 saat menggunakan water injection dan 0,57 saat tanpa menggunakan water injection, hasil pengujian rata-rata emisi hidro karbon yang dihasilkan oleh sepeda motor dengan penggunaan water injection lebih rendah dibandingkan sepeda motor tanpa menggunakan water injection dengan penurunan 17,11%.

Kata kunci: saturated water injection, IAT, emisi

Abstract

This study aims to determine the effect of the use of saturated water injection with variations of saturated water on exhaust emissions on a Honda vario 125cc motorcycle using pertalite fuel. Exhaust emissions contain harmful gases, namely carbon monoxide and Hydrocarbons, which if excessive, these gases will be harmful to life in the long run. This problem can be overcome by adding oxygen levels to the combustion by injecting water into the combustion chamber, the reason why the added water is water has a high oxygen and hydrogen content. The test results of the average carbon monoxide exhaust emissions of motorcycles with the use of water injection are lower than those without water injection with a ratio of 0.20 when using water injection and 0.57 when without using water injection. produced by motorcycles with the use of water injection is lower than motorcycles without using water injection with a decrease of 17.11%.

Keywords: saturated water injection, IAT, emission

Bidang otomotif memiliki perkembangan dan kemajuan teknologi yang semakin pesat hingga mendorong kita untuk selalu memberikasn perkembangan. Perkembangan teknologi otomotif dilakukan secara gencar dan cepat, Salah satu perkembangan yang tercepat adalah otomotif bidang motor pembakaran dalam. Motor pembakaran dalam adalah mesin yang mengkonversi energi panas menjadi energi mekanik. Bila dilihat dengan data, motor bakar pembakaran dalam yang paling banyak digunakan adalah sepeda motor.

Sepeda motor banyak digunakan masyarakat karena sifatnya yang mudah

dikendarai dan ukurannya yang kecil serta harganya yang murah. Kendaraan sepeda motor bisa dikatakan cukup untuk mobilitas sehari-hari namun prestasi kendaraan ini juga memiliki beberapa masalah, salah satunya adalah proses pembakaran. Proses pembakaran yang tidak sempurna membuat kemampuan motor tersebut menurun, hal itu dapat terjadi karena kadar oksigen yang dibutuhkan proses pembakaran dalam motor kurang mencukupi, diklarifikasi oleh Suyanto, (1989: 248-249) bahwa tenaga yang dihasilkan oleh motor pembakaran dipengaruhi pada proses pembakaran, proses pembakaran sendiri dipengaruhi oleh banyak hal mulai dari rasio

bahan bakar, kandungan oksigen, kebersihan, bahan bakar dan lain-lain.

Kemudian permasalahan dari motor bakar adalah perubahan undang-undang yang sedang berlangsung semakin memberlakukan batasan yang lebih ketat pada emisi knalpot dan konsumsi bahan bakar untuk mesin pembakaran internal. Tren ini mendorong produsen mesin mencari solusi baru untuk mendapatkan tingkat polutan yang lebih rendah tanpa menurunkan performa mesin dan daya tarik pasar.

Kendaraan motor bakar menghasilkan emisi gas buang yang buruk seperti karbon dioksida dan karbon monoksida, apabila berlebihan maka gas tersebut akan berbahaya bagi kehidupan jangka panjang.

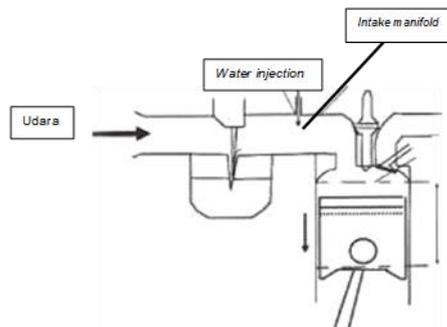
Siklus Pembakaran

Menurut Soenarta dan Furuham (2002:8) mengklarifikasi bahwa "dalam siklus pembakaran, untuk mendapatkan hasil sempurna maka dibutuhkan jenis bahan bakar dan ukuran udara tertentu". Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil persamaan pembakaran bahan bakar iso oktan (C_8H_{18}).



Water Injection

Infus air atau bisa juga disebut wai seperti yang ditunjukkan oleh Siddik, et al., (2014: 2) "yaitu memasukkan air ke dalam ruang motor yang terbakar". Seperti yang ditunjukkan oleh Basori, et al., (2014b: 2) menjelaskan bahwa "injeksi air adalah sarana untuk menambahkan butiran air di ruang bakar melalui saluran masuk".



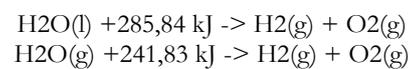
Gambar 1. Cara Kerja Water Injection

Ada beberapa teknik dalam perkembangan injeksi air yang dijelaskan oleh Kettner, et al., (2016: 1864-1866) diantaranya yaitu: 1) Teknik

kelembaban air. Teknik ini yaitu dengan memberikan uap air ke udara saluran masuk. 2) Injeksi air ke saluran masuk. Teknik ini yaitu dengan menyuntikan air ke dalam saluran masuk. 3) Injeksi air langsung. Teknik dengan cara air disemprotkan secara terpisah dengan bahan bakar atau dengan cara menyemprotkan air langsung ke dalam ruang bakar.

Air Aquades

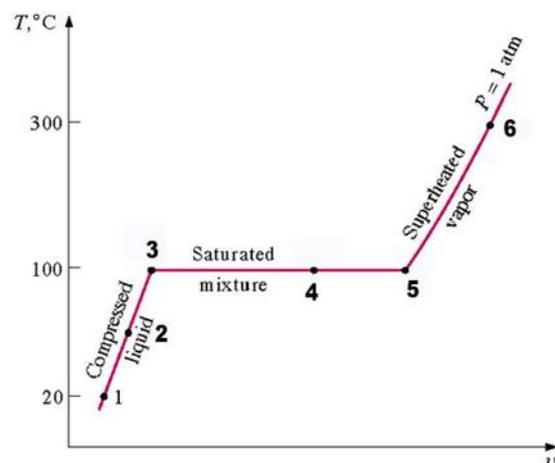
Air memiliki nama kimia H_2O yang dibaca satu molekul air terdiri dari dua atom hidrogen yang terikat pada satu atom oksigen. Reaksi kimia dari penguraian Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) dinyatakan dengan:



Responnya adalah bahwa panas yang digunakan untuk mengurai air (H_2O) berbentuk gas lebih kecil dibandingkan berbentuk cair.

Saturated Water

Air pada strain 1 atm pada suhu $100^\circ C$ air masih tetap dalam tahap cair (liquid), namun akan segera menguap. Air pada kondisi tersebut disebut Cairan Jenuh (Saturated Liquid).



Gambar 2. Diagram Fase Perubahan Air

Campuran

Sifat zat kimia yang berbeda apabila dicampur dalam satu tempat yang sama maka kemungkinan yang terjadi yaitu bereaksi, bercampur, dan tidak bercampur. Maka dapat disimpulkan air dan bahan bakar oktan (pentalite) dapat bercampur dikarenakan kedua zat mempunyai sifat saling melarutkan dengan reaksi kimia sebagai berikut:



Simpulan dari reaksi tersebut adalah pada campuran tersebut menghasilkan zat cair dengan kandungan Hidrogen dan Oksigen lebih tinggi.

Emisi Gas Buang

Suyanto (1989: 345) mengklarifikasi bahwa "pembuangan knalpot mengotori racun yang terjadi karena gas buang kendaraan". Pembuangan knalpot sebagian besar terdiri dari gas yang tidak berbahaya seperti N₂, CO₂, dan H₂O, beberapa di antaranya adalah gas beracun seperti HC dan CO (Arifin dan Sukoco, 2009: 34).

-Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon adalah gabungan Hidrogen (H) dan Karbon (C) (Arifin dan Sukoco, 2009: 38). Suyanto (1989: 345) mengklarifikasi "Hidrokarbon adalah senyawa yang muncul karena bahan bakar yang belum terbakar namun keluar menuju atmosfer". Kristanto (2015: 199-200) mengklarifikasi timbulnya HC disebabkan oleh: 1) Perbandingan udara dan bahan bakar yang non stokiometri. Pada campuran kaya oksigen kurang untuk bereaksi pada karbon di bahan bakar sehingga HC muncul. Tetapi apabila campuran terlalu miskin maka gagal pembakaran bisa terjadi. 2) Pembakaran yang tidak sempurna. Penyebab pembakaran tidak sempurna ialah rasio udara bahan bakar yang tidak seimbang hingga membuat partikel yang tidak memperoleh oksigen tidak bereaksi, kemudian menyebabkan beberapa volume campuran udara dan bahan bakar tidak terbakar. Suyanto (1989: 345) menyebutkan bahwa "senyawa hidrokarbon membuat mata menjadi pedih, tenggorokan sakit, paru-paru sakit, dan bahkan dapat menyebabkan kanker".

-Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas hasil pembakaran yang disebabkan oleh bahan bakar yang hanya terbakar sebagian atau akibat pembakaran tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dengan udara yang masuk kedalam silinder terlalu kaya (Suyanto, 1989: 345). Kristanto (2015: 201) mengklarifikasi "Karbon monoksida (CO) mengandung racun, tidak memiliki warna dan

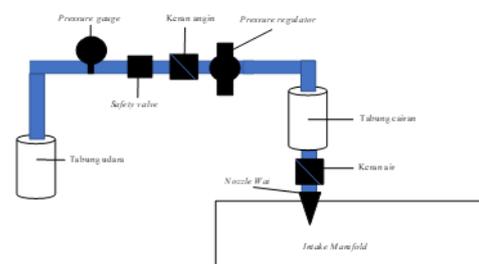
tidak berbau". Pembakaran yang tidak sempurna membuat Karbon monoksida terbentuk seperti yang dijelaskan oleh Arifin dan Sukoco (2009: 41) bahwa unsur oksigen(udara) yang tidak cukup akan mengakibatkan proses pembakaran tidak sempurna. karbon pada proses terbentuknya dapat dijabarkan sebagai berikut:



Arifin dan Sukoco (2009:41-42) mengklarifikasi bahwa dengan mengatur bahan bakar menjadi kurus dapat mengurangi gas karbondioksida, namun bila begitu karbon monoksida akan menjadi timbul dan prestasi mesin berkurang.

METODE PENELITIAN

Mengacu pada Teknik analisis dan pengumpulan data, maka penelitian ini masuk pada jenis penelitian kuantitatif dengan model eksperimental Quasi Single Subject Design. Penelitian quasi model ini dilaksanakan pada satu objek saja, yaitu mesin vario injeksi 125cc. Quasi experimental design digunakan dalam penelitian ini, dimana ada variabel perbandingan dan ada pengontrol terhadap pengujian. Penelitian ini dilakukan agar dapat mengetahui pengaruh dari penambahan water injection terhadap emisi gas buang dan intake air temperature pada mesin tersebut. Sugiyono (2013) menyatakan bahwa penelitian eksperimen (eksperimental research) merupakan penelitian penelitian yang bertujuan agar dapat mengetahui hubungan antara sebab akibat dan suatu variabel.



Gambar 3. Skema Water Injection

Hasil data penelitian ini adalah intake air temperature dan emisi gas buang berupa karbon monoksida dan hidro karbon. Pengambilan data dilakukan dengan thermo laser merk peak meter dan gas analyzer merk

orotech. Penelitian dilaksanakan di bengkel ahas gondanglegi dengan sepeda motor yang digunakan vario injeksi 125cc.

Variabel penelitian: suatu penelitian tentu membutuhkan variabel, berikut variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini. 1) Variabel bebas: a) mesin injeksi standar, dan b) mesin injeksi dengan water injection; 2) Variabel terikat: a) intake air temperature, dan b) emisi gas buang; 3) Variabel kontrol: a) sepeda motor Honda Vario 125 cc dalam keadaan standar (tanpa modifikasi pada engine), b) bahan bakar yang digunakan adalah pertalite (ron 90) sesuai dengan spesifikasi kompresi mesin, c) intake air temperature diukur menggunakan laser temperature, d) debit air water injection dengan rata-rata 7ml/menit, dan e) tekanan air 3 bar.

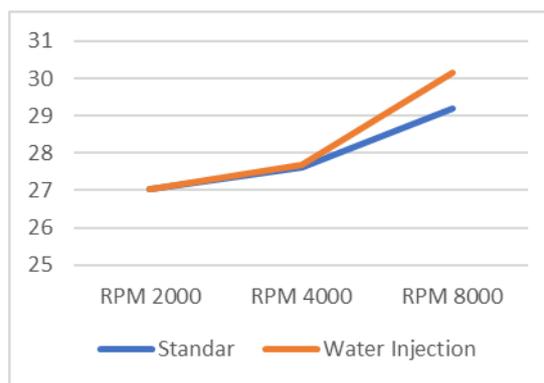
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan pengujian intake air temperature dilakukan pada sepeda motor tidak menggunakan alat water injection dan menggunakan alat water injection. Pengambilan data dilakukan di Honda Ahas Gondanglegi Malang menggunakan laser thermo khusus dan diambil pada putaran mesin 2000 rpm, 4000 rpm, dan 8000 rpm. Berikut merupakan data hasil pengujian intake air temperature yaitu:

Tabel 1. Hasil Pengujian Intake Air Temperature

Putaran Mesin (RPM)	Suhu (°C)	
	Standar	Water injection
2000	27.03	27.03
4000	27.60	27.70
8000	29.20	30.16
Rata-rata	27.94	28,29

Tabel 1 menunjukkan bahwa perbedaan suhu terjadi pada semua rentan putaran mesin. Rata-rata suhu terendah dihasilkan pada penggunaan sepeda motor tanpa penggunaan injeksi air. Secara grafik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Perbandingan Intake Air Temperature

Pengambilan data emisi gas buang dilakukan di Honda Ahas Gondanglegi Malang. Parameter yang diambil dalam penelitian ini adalah CO dan HC. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap sampel. Pengujian emisi gas buang dilakukan pada sepeda motor tanpa menggunakan injeksi air dan menggunakan injeksi air pada putaran mesin 1700 rpm, 2000 rpm, dan 2300 rpm.

Berikut merupakan data hasil pengujian emisi gas buang:

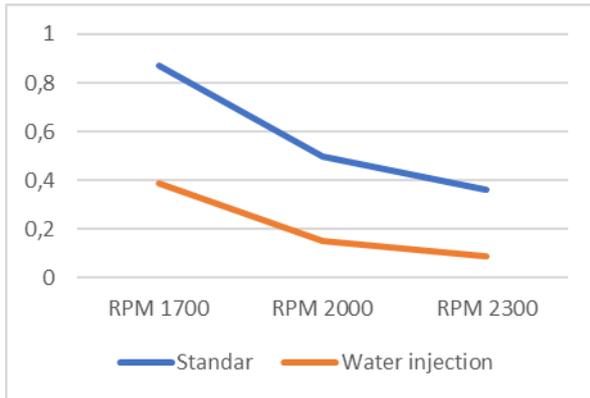
Karbon monoksida (CO)

Pengambilan pengujian karbon monoksida (CO) dilakukan pada sepeda motor tidak menggunakan alat water injection dan menggunakan alat water injection. Berikut merupakan data hasil pengujian karbon monoksida (CO) yaitu:

Tabel 2. Hasil pengujian kandungan CO dalam emisi gas buang

Putaran Mesin (RPM)	CO	
	Standar	Water injection
1700	0,87	0,39
2000	0,50	0,15
2300	0,36	0,09
Rata-rata	0,57	0,20

Tabel 2 menunjukkan bahwa perbedaan emisi CO terjadi pada semua rentan putaran mesin. Rata-rata CO terendah dihasilkan pada penggunaan sepeda motor menggunakan water injection dibandingkan tanpa penggunaan water injection. Secara grafik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik perbandingan emisi CO

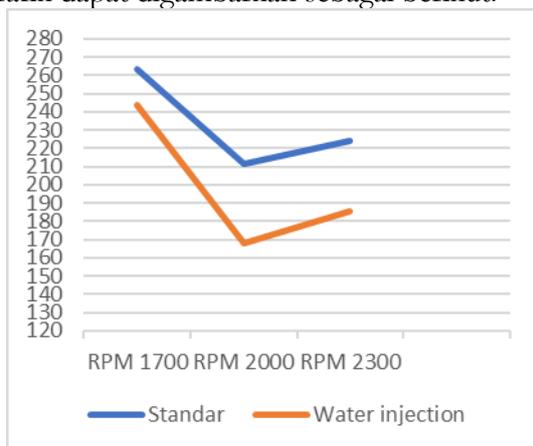
Hidrokarbon (HC)

Pengambilan pengujian Hidrokarbon (HC) dilakukan pada sepeda motor tidak menggunakan alat water injection dan menggunakan alat water injection. Berikut merupakan data hasil pengujian Hidrokarbon (HC) yaitu:

Tabel 3. Hasil Pengujian Kandungan HC dalam Emisi Gas Buang

Putaran Mesin (RPM)	HC	
	Standar	Water injection
1700	263,66	243,66
2000	211,33	168
2300	197	145,33
Rata-rata	223,99	185,66

Hasil penurunan nilai HC oleh penggunaan water injection adalah 17,11% atau mengalami penurunan sebesar 38,33 ppm dari rata-rata HC yang dihasilkan sepeda motor tanpa menggunakan water injection. Secara grafik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Perbandingan Emisi HC

Nilai Lambda (λ)

Pengambilan pengujian lambda dilakukan pada sepeda motor tidak

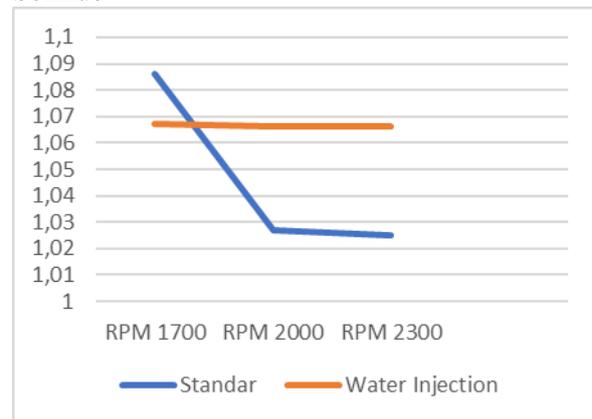
menggunakan alat water injection dengan menggunakan alat water injection. Berikut merupakan data hasil pengujian lambda yaitu:

Tabel 4. Hasil Pengambilan Nilai Lambda

Putaran Mesin (RPM)	Lambda (λ)	
	Standar	Water injection
1700	1,086	1,067
2000	1,027	1,066
2300	1,025	1,064
Rata-rata	1,046	1,066

Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai lambda yang terjadi di setiap range putaran mesin. Rata-rata nilai lambda terendah dihasilkan pada penggunaan sepeda motor tanpa water injection jika dibandingkan dengan rata-rata penggunaan sepeda motor menggunakan water injection.

Grafik perbandingan nilai lambda yang dihasilkan dari masing-masing variasi sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Perbandingan Lambda

Pembahasan Hasil Data IAT

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data perbedaan antara intake air temperature mesin standar dengan mesin yang menggunakan saturated water injection, secara grafik dapat dilihat pada gambar 4. Hasil uji-t berpasangan (paired samples t-test), pengaruh penggunaan saturated water injection terhadap intake air temperature yaitu berpengaruh signifikan, Rata-rata intake air temperature pada RPM terendah yaitu 2000 hasilnya sama, yakni 27,03 °C, namun pada rata-rata RPM 4000 sepeda motor tanpa menggunakan saturated water injection memiliki suhu yang lebih rendah yakni 27,60 dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan saturated water injection memiliki suhu 27,60 °C begitu pula pada data

rata-rata RPM 8000, suhu yang dihasilkan sepeda motor tanpa saturated water injection lebih rendah dibandingkan sepeda motor dengan tambahan saturated water injection dengan perbandingan 27,94: 28,29 (°C). Dengan hasil tersebut maka dapat diinterpretasikan hasil pengaruh signifikan terjadi antara intake air temperature tanpa saturated water injection dengan intake air temperature menggunakan saturated water injection dengan hasil mesin sepeda motor tanpa water injection memiliki suhu lebih rendah, hal tersebut bisa terjadi karena kalor panas yang bersifat dapat bergerak bebas dan menuju suhu yang lebih rendah, dikarenakan suhu mesin lebih pada daripada suhu intake air temperature maka walaupun air terhisap oleh mesin namun beberapa kalor tetap menuju saluran masuk awal.

Pembahasan Hasil Emisi Gas Buang

-Karbon Monoksida (CO)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data perbedaan nilai emisi CO yang dihasilkan sepeda motor tidak menggunakan injeksi air dengan yang sepeda motor menggunakan water injection. Adapun secara grafik dapat dilihat pada Gambar 5. Grafik Perbandingan Emisi CO.

Perbandingan nilai emisi CO yang dihasilkan oleh penambahan unsur oksigen dari air, hal tersebut mempengaruhi proses pembakaran pada mesin. Bertambahnya unsur oksigen ditandai dengan perbedaan nilai lambda, dimana rata-rata lambda yang dihasilkan tanpa water injection lebih rendah jika dibandingkan dengan sepeda motor menggunakan water injection, hal itu dapat dilihat pada tabel 4 Hasil Pengambilan Nilai Lambda.

Menurut Kristanto (2015: 201) mengklarifikasi salah satu penyebab emisi CO adalah rasio udara dan bahan bakar yang kaya, karena jumlah oksigen yang kurang untuk mengubah karbon (bahan bakar) menjadi karbondioksida (CO₂). Penggunaan injeksi air menambah unsur oksigen di dalam pencampuran udara dan bahan bakar. Pernyataan tersebut sejalan dengan Winoto dan Tedjasaputra (2014: 5) yang menyatakan bahwa injeksi air mampu menambahkan kadar O₂ yang masuk ke ruang bakar sehingga

berpengaruh pada kualitas pembakaran. Bertambahnya unsur oksigen pada proses pembakaran sendiri menyebabkan terjadinya pembakaran sempurna, hal ini sejalan dengan Suyanto (1989: 249) yang menyebutkan kandungan oksigen merupakan faktor yang penting, dengan jumlah oksigen yang tepat maka akan membuat proses pembakaran menjadi sempurna. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Winoto dan Tedjasaputra (2014) yang mengklarifikasi penggunaan injeksi air, menambahkan kadar oksigen yang menghasilkan penurunan kadar CO. Simpulan dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan sepeda motor Honda vario 125 injeksi bahwa rata-rata emisi CO yang dihasilkan motor dengan penggunaan water injection lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan water injection.

-Hidrokarbon (HC)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan memperoleh data perbedaan nilai emisi HC yang dihasilkan sepeda motor tidak menggunakan water injection dengan sepeda motor menggunakan water injection, Adapun secara grafik dapat dilihat pada gambar 6 Grafik Perbandingan Emisi HC.

Gambar 6 menunjukkan bahwa rata-rata nilai emisi HC terendah didapatkan pada penggunaan water injection dibandingkan dengan sepeda motor tanpa water injection. Rata-rata penurunan nilai emisi HC yang dihasilkan oleh variasi penambahan injeksi air adalah 17,11% atau mengalami penurunan sebesar 38,33 ppm dari rata-rata HC yang dihasilkan sepeda motor tanpa menggunakan water injection.

Perbandingan nilai emisi HC yang dihasilkan oleh penambahan unsur oksigen dari air, hal tersebut mempengaruhi proses pembakaran pada mesin. Bertambahnya unsur oksigen ditandai dengan perbedaan nilai lambda, dimana rata-rata lambda yang dihasilkan tanpa water injection lebih rendah jika dibandingkan dengan sepeda motor menggunakan water injection, hal itu dapat dilihat pada tabel 4 Hasil Pengambilan Nilai Lambda.

Suyanto (1989: 345) menyebutkan "Hidrokarbon ialah gas yang muncul karena bahan bakar yang tidak terbakar tetapi sudah

keluar menuju atmosfer". Penambahan unsur oksigen yang dilakukan dengan injeksi air memungkinkan rasio udara dan bahan bakar tepat sehingga pembakaran sempurna bisa terjadi. Menurut Suyanto (1989: 249) mengklarifikasi kandungan oksigen merupakan faktor yang sangat penting, dengan jumlah oksigen yang tepat maka akan memungkinkan proses terjadinya pembakaran sempurna.

Simpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada sepeda motor Honda vario 125 injeksi bahwa rata-rata emisi HC yang dihasilkan motor dengan penggunaan water injection lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan water injection.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Rata-rata intake air temperature yang dihasilkan motor dengan penggunaan water injection lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan water injection, 2) Rata-rata emisi HC yang dihasilkan motor dengan penggunaan water injection lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan water injection, 3) Rata-rata emisi HC yang dihasilkan motor dengan penggunaan water injection lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan water injection dengan persentase 17,11%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saya akan memberikan saran: 1) Bagi peneliti selanjutnya diharapkan melakukan pengujian dengan menambahkan sensor posisi crankshaft dan sensor bukaan katup, guna mengetahui apakah penggunaan water injection berpengaruh terhadap waktu pengapian. Peneliti selanjutnya dengan saturated water injection diharapkan menambahkan knock sensor guna mengetahui apakah ada hubungan dengan knocking. Peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan sensor bukaan katup, guna menghindari penyemprotan injeksi air pada saat katup tertutup. 2) Bagi pengguna kendaraan agar lebih mencari tahu dahulu apakah kondisi kendaraan dan kegunaan cocok untuk menggunakan water injection.

DAFTAR RUJUKAN

- Arifin, Z. dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Basori, et al. 2014a. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Water Injection (Wai) Berbasis Mikrokontroler Yang Diterapkan Pada Sepeda Motor. *Prosiding Seminar Nasional ke-9 ReTII 2014*. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional. Yogyakarta. 313-318. (online) <http://retii.sttnas.ac.id/wp-content/uploads/2015/08/Buku-2-Prosiding-Seminar-Nasional-RETII-Ke-9-Tahun-2014-STTNAS-Yogyakarta.pdf> (diakses 14/ 03/ 2017).
- Basori, et al. 2014b. Pemanfaatan Mikrokontroler AT89S51 Dalam Rancang Bangun Sistem Water Injection Berbasis Mikrokontroler pada Sepeda Motor. *JIPTEK. Vol VII Nomor 2*. (online) [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=262637&val=4077&title=Pemanfaatan Mikrokontroler AT89S51 Dalam Rancang Bangun Sistem Water Injection Berbasis Mikrokontroler Pada Sepeda Motor](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=262637&val=4077&title=Pemanfaatan%20Mikrokontroler%20AT89S51%20Dalam%20Rancang%20Bangun%20Sistem%20Water%20Injection%20Berbasis%20Mikrokontroler%20Pada%20Sepeda%20Motor) (diakses 28/12/2016).
- Boentarto. 2005. *Cara Pemeriksaan, Penyetelan, dan Perawatan Sepeda Motor. Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Andi.wagino
- Cooper CD., & Alley FC. 2011. *Air Pollution Control: A Design Approach. Fourth Edition*. Long Grove, IL: Wavelan Press, Inc.
- Jama, J. dan Wagino. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Kettner, M. et al. 2016. Investigating The Influence of Water Injection On The Emissions of A Diesel Engine. *Journal of Mechanical Engineering and Sciens (JMES)*. Vol 10 : 1863-1881. (online) [http://jmes.ump.edu.my/images/Volume 10 Issue 1 June 2016/11_kettner et al.pdf](http://jmes.ump.edu.my/images/Volume%2010%20Issue%201%20June%202016/11_kettner%20et%20al.pdf) (diakses 07/02/2017).
- Kristanto, P. 2015. *Motor Bakar Torak (Teori Dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Andi.
- Mukono, J. 2006. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan Edisi Kedua*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Siddik, M. et al. 2014. *Pengaruh Penggunaan Water Injection dan Jenis Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor*

Honda Supra Fit Tahun 2006. (online)
<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=430775&val=4092&titl=Pengaruh Penggunaan Water Injection dan Jenis Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Honda Supra Fit Tahun 2006> (diakses 07/02/2017).

Soenarta, N. dan Furuhamas, S. 2002. *Motor Serba Guna. Edisi Ketiga*. Jakarta: Pradya Paramita

Suyanto, W. 1989. *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi

Winoto, R. Alexander. dan Tedjasaputra, P. Kristanto. 2014. *Analisa dan Pembuatan Water Coolant Injection Pada Motor Bensin Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang. Mechanova semester gasal 2014-2015*. Vol 1 : 1-5. (Online) <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/teknikmesin/article/viewFile/3033/2732> (diakses 15/03/2017).