ANALISIS KINERJA REAKTOR HIDROGEN PADA PROSES PEMBAKARAN BAHAN BAKAR MOTOR BAKAR TERHADAP EMISI GAS BUANG

PERFORMANCE ANALYSIS OF HYDROGEN REACTOR IN FUEL COMBUSTION SYSTEM FUEL MOTOR ON EMISSION OF WASTE GAS

Muhammad Zahid[1] , Suwandi[2], Amaliyah Rohsari Indah Utami[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]**mzahid38@ymail.com,** [2]**suwandi.sains@gmail.com**, [3]**amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id**

Abstrak

Reaktor hidrogen merupakan alat yang dapat menjadi alternatif teknologi dalam menghasilkan emisi gas buang kendaraan menjadi lebih bersih, karena hidrogen yang dihasilkan dari reaktor dapat membantu menyempurnakan proses pembakaran bahan bakar pada kendaraan. Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian terhadap kinerja dari reaktor hidrogen yang akan dibandingkan nilai emisi gas buangnya dengan mesin tanpa menggunakan reaktor hidrogen. Terdapat tiga variasi pada pengujian kinerja reaktor hidrogen yaitu kecepatan putaran mesin, volume reaktor, dan temperatur reaktor. Nilai emisi gas buang yang dihasilkan ditampilkan menggunakan alat *Gas Analyzer*. Dari hasil pengujian dan pengambilan data yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa penurunan terbesar emisi gas HC terjadi pada reaktor 40,8 cm^3 pada temperatur 130 °C di kecepatan putaran mesin 3000 rpm yaitu sebesar 27 %. Penurunan terbesar emisi gas CO terjadi pada reaktor 56,5 cm^3 pada temperatur 100 °C di kecepatan putaran mesin 4000 rpm yaitu sebesar 57 %. Hal ini menunjukkan bahwa nilai emisi gas buang menggunakan reaktor hidrogen lebih baik daripada tanpa menggunakan reaktor hidrogen.

Kata kunci : emisi, hidrogen, pembakaran, reaktor hidrogen.

Abstract

A hydrogen reactor is a tool that can be an alternative technology in producing vehicle exhaust emissions to be cleaner, because the hydrogen produced from the reactor can help the fuel combustion process in the vehicle become more perfect. In this study a test of the performance of a hydrogen reactor will be compared to the value of exhaust emissions with a vehicle machine without using a hydrogen reactor. There are three variations on the testing of hydrogen reactor performance, there are engine rotation speed, reactor volume, and reactor temperature. The value of the resulting exhaust emissions is displayed using Gas Analyzer. From the results of testing and retrieval of data that has been done, it was found that the biggest reduction in HC gas emissions occurred in the reactor 40.8 cm^3 at a temperature of 130 ° C at the engine rotation speed of 3000 rpm which was equal to 27%. The biggest decrease in CO gas emissions occurred at 56.5 cm^3 reactor at a temperature of 100 ° C at 4000 rpm engine rotation speed which was equal to 57%. This shows that the value of exhaust emissions using a hydrogen reactor is better than without using a hydrogen reactor.

Keywords: *combustion, emissions, hydrogen, hydrogen reactors.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan hal yang paling vital pada kehidupan manusia. Seluruh aktivitas manusia bergantung pada ketersediaan energi yang tersedia pada alam. Energi fosil masih menjadi salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan karena terbukti mampu digunakan dalam skala besar. Sementara sumber energi alternatif yang tersedia masih belum bisa digunakan secara efektif karena berbagai faktor, diantaranya proses produksi yang mahal, keamanan yang belum terjamin atau regulasi pemerintah [1]. Salah satu energi terbarukan yang menjadi alternatif dalam menanggulangi permasalahan tersebut adalah menggunakan hidrogen. Hidrogen merupakan zat yang paling banyak tersedia di alam [2]. Hidrogen juga dianggap sebagai sumber energi yang bersih dari polusi karena hasil emisi prosesnya hanya menghasilkan uap air [1]. Meskipun hidrogen merupakan zat terbanyak yang ada di alam, perlu suatu proses untuk mengubahnya dari zat yang tersedia bebas di alam menjadi sebuah sumber energi. Beberapa cara yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan elektrolisis air dan steam reforming [1]. Penggunaan steam reforming sebagai cara memproduksi gas hidrogen sebagai sumber energi terbarukan lebih sederhana dilakukan karena hanya menggunakan pemanasan sebagai media konversinya [2]. Untuk menghasilkan hidrogen dari proses steam reforming diperlukan suatu bahan cairan yang akan dipanaskan. Cairan tersebut mengandung suatu mikroorganisme atau bakteri yang jika dipanaskan akan terbentuk gas hidrogen. Salah satu mikroorganisme yang ditemukan mampu memproduksi hidrogen sekaligus menjadi pembersih lingkungan adalah bakteri Halanaerobium hidrogeninformans yang ditemukan di sebuah danau di Washington oleh tim yang dipimpin Dr. Melanie Mormile [3]. Namun kendala yang terjadi adalah terbatasnya pengetahuan

tentang bakteri tersebut sehingga belum mampu dilakukan rekayasa untuk produksi massal. Pemanfaatan hidrogen untuk penghematan bahan bakar kendaraan telah dilakukan dengan menggunakan reaktor yang dibuat oleh PT. Permata Agro Nusantara. Reaktor tersebut memanfaatkan air bakteri yang berubah fasa menjadi uap akibat dipanaskan melalui pemanasan pada knalpot kendaraan. Uap hidrogen tersebut dimanfaatkan sebagai penambah energi dalam proses pembakaran bahan bakar mobil dalam ruang bakar. Hasilnya, konsumsi bensin yang terpakai pada mobil yang menggunakan reaktor hidrogen tersebut lebih hemat daripada mobil yang tidak menggunakan reaktor hidrogen. Namun, belum ada data ilmiah yang tercatat sehingga banyak orang yang masih ragu dalam menggunakan reaktor hidrogen pada kendaraan pribadi. Pada tugas akhir ini, penulis akan melakukan penelitian mengenai hasil emisi gas buang kendaraan yang pada proses pembakaran bahan bakarnya dicampur dengan gas hidrogen. Parameter yang ditinjau adalah perbedaan kandungan emisi gas buang. Hipotesis yang muncul pada penelitian ini adalah, hasil pembakaran bahan bakar akan semakin bersih, karena semakin banyak hidrogen yang mampu dihasilkan reaktor, maka semakin sedikit bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran. Sebagai acuan standar emisi gas buang yang ideal pada sebuah kendaraan yaitu menggunakan standar euro [4]. Tujuan diberlakukannya standar euro ini untuk mengatur kelayakan sebuah kendaraan untuk digunakan ditinjau dari emisi gas buangnya. Jika melebihi standar yang diberlakukan maka kendaraan tersebut tidak layak digunakan karena dianggap berbahaya terhadap lingkungan. Sekarang, negara di Uni Eropa sudah menggunakan standar Euro VI, sementara di Indonesia baru dicanangkan untuk menggunakan standar Euro IV [4]. Hal ini terjadi karena perbedaan teknologi mesin kendaraan dan juga perbedaan kualitas oktan dari bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan. Semakin baik pembakaran yang terjadi pada kendaraan, maka akan semakin bersih emisi gas buang kendaraan tersebut. Untuk memperoleh gas hidrogen yang ideal diperlukan beberapa modifikasi dari reaktor hidrogen. Pada penelitian ini akan dilakukan perubahan pada volume dan temperatur pada reaktor.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh apa yang dihasilkan oleh hidrogen terhadap emisi gas buang kendaraan ?
2. Pengaruh apa yang diberikan oleh bentuk reaktor hidrogen terhadap emisi gas buang kendaraan ?
3. Bagaimana variabel – variabel berbeda pada reaktor hidrogen memengaruhi hasil emisi gas buang ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh perbandingan data dalam emisi gas buang kendaraan sebelum diberi gas hidrogen dan setelah diberi tambahan gas hidrogen pada proses pembakaran bahan bakar.
2. Mendapatkan bentuk reaktor hidrogen yang ideal untuk menghasilkan gas hidrogen yang bermanfaat pada pembakaran bahan bakar.
3. Menguji variabel – variabel yang berpengaruh pada reaktor dalam memproduksi hidrogen.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan menggunakan mesin otto berbahan bakar premium.
2. Parameter yang diamati adalah kandungan emisi gas buang.
3. Percobaan dilakukan dengan mengubah volume dan temperatur dari reaktor hidrogen serta mengubah kecepatan putaran mesin untuk mendapatkan data yang variatif.
4. Bahan dasar pembuatan reaktor hidrogen menggunakan besi.
5. Sumber produksi gas hidrogen berasal dari air bakteri yang diproduksi oleh PT. Permata Agro Nusantara.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan demi tercapainya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur
   Metode studi literatur digunakan untuk mengumpulkan dasar teori dari penelitian yang akan dilakukan pada tugas akhir. Informasi yang berkaitan dengan pengujian ini dapat berupa jurnal ilmiah, skripsi, tautan berita dan buku.
2. Perakitan Alat Uji
   Perakitan alat uji meliputi perakitan pada reaktor hidrogen yang akan digunakan. Reaktor hidrogen tersebut akan dihubungkan dengan mesin penggerak agar dapat berfungsi.
3. Pengujian Alat
   Pengujian dilakukan untuk mengambil data hasil uji emisi dari alat yang telah dirakit. Data yang diperoleh akan berupa kandungan gas hidrokarbon, karbonmoksida, karbondioksida dan oksigen.
4. Analisis dan Pengambilan Kesimpulan Data
   Perubahan yang terjadi pada data hasil uji emisi akan dianalisis sehingga dapat ditarik kesimpulan.

2. Dasar Teori

2.1 Mesin Otto

Pembakaran yang terjadi pada mesin otto adalah hasil dari bunga api yang dipercikkan oleh busi mengenai bahan bakar yang berada pada piston [5]. Udara masuk dari air intake (saluran masuk) dan bahan bakar dari tangki bahan bakar bercampur pada karburator sebelum dialirkan masuk pada ruang bakar.

Berdasarkan siklus langkah kerjanya, mesin otto merupakan motor empat langkah [5]. Pada siklus tersebut, piston bergerak naik turun di dalam silinder. Bermula dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA) sebanyak empat kali untuk memenuhi satu siklus kerja. Pada setiap siklus pembakaran bahan bakar, terjadi kemungkinan partikel bahan bakar tersebut tidak terbakar. Kegagalan pembakaran bahan bakar atau pembakaran tidak sempuna akan mengakibatkan gangguan dalam emisi gas buang. Partikel yang tidak sempurna terbakar akan menghasilkan polusi udara.

2.2 Produksi Hidrogen

Tidak adanya hidrogen murni yang tersedia di alam mengakibatkan perlunya proses untuk pemisahan senyawa yang mengandung unsur hidrogen. Untuk saat ini, reformasi gas alam dengan memberi panas *(steam reforming)* merupakan proses yang paling ekonomis untuk memproduksi hidrogen [7]. Pada proses *steam reforming* yang menggunakan metana sebagai media yang dipanaskan terjadi persamaan reaksi:

$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$.

Cara yang umum digunakan juga yaitu dengan metode elektrolisis. Elektrolisis menghasilkan hidrogen dengan menggunakan arus listrik untuk mengurai air menjadi hidrogen dan oksigen [1]. Pada perkembangan selanjutnya, ditemukan cara lain untuk menghasilkan hidrogen, yaitu pemanasan air bakteri, gasifikasi biomassa, dan gasifikasi batu bara.

2.3 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang terjadi akibat beberapa faktor, antara lain karena kandungan sulfur pada bahan bakar, bahan bakar yang tidak terbakar, minyak pelumas yang terbakar, dan residu [8]. Kepekatan pada gas buang juga dipengaruhi oleh putaran mesin dan kualitas bahan bakar. Semakin tinggi putaran mesin dan semakin baik kualitas bahan bakar maka asap yang dihasilkan tidak terlalu pekat karena hal ini menunjukkan proses pembakaran yang terjadi adalah pembakaran sempurna [9]. Polutan atau bahan pencemar yang berasal dari kendaraan dibedakan menjadi polutan primer dan polutan sekunder [5]. Polutan primer langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan, contohnya yaitu Hidrokarbon (HC), Sulfur Oksida (SO_x), Nitrogen Oksida (NO_x), Karbonmonoksida (CO), Oksigen (O_2), Karbondioksida (CO_2) dan Jelaga. Sementara polutan sekunder yaitu polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi oksidasi, hidrolisis atau fotokimia, contohnya adalah ozon (O_3) dan Peroksiasetil Nitrat.

Tabel 1. Standar Emisi Indonesia [11]

Kendaraan Bermotor	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas	
Sepeda Motor 2 Langkah (L)	<2010	4,5	12000		Idle
Sepeda Motor 4 Langkah (L)	<2010	5,5	2400		Idle
Sepeda Motor (2 Langkah dan 4 Langkah) (L)	≥2010	4,5	2000		Idle
Berpenggerak Motor Bakar Cetus Api (Bensin) (M,N,O)	<2007	4,5	1200		Idle
	≥2007	1,5	200		Idle
Berpenggerak Motor Bakar Penyalaan Kompresi (Diesel) (M,N,O)					
GVW ≤ 3,5 Ton (M,N,O)	<2010			70	Percepatan
	≥2010			40	
GVW ≥ 3,5 Ton (M,N,O)	<2010			70	Percepatan
	≥2010			50	

Di Indonesia, standar yang ditetapkan tidak mengikuti standar Euro. Standar yang diberlakukan di Indonesia merujuk kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 05 Tahun 2006 [11]. Pada pengujian ini standar yang akan menjadi acuan pada nilai emisi gas buang adalah kendaraan sepeda motor 4 langkah kategori L. Penetapan peraturan ini akibat metode pengambilan nilai emisi gas buang yang berbeda dengan standar euro. Selain itu, kualitas bahan bakar yang digunakan dan teknologi mesin kendaraan di Indonesia belum mampu untuk mencapai standar euro yang digunakan di eropa. Tidak menutup kemungkinan di tahun – tahun selanjutnya dengan semakin berkembangnya teknologi, Indonesia bisa mengikuti standar euro yang telah digunakan secara global.

3. Pembahasan

3.1. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa menggunakan reaktor hidrogen dan menggunakan reaktor hidrogen. Isilah bahan bakar pada tangki bahan bakar secukupnya. Nyalakan mesin dan biarkan dalam posisi idle terlebih dahulu selama 5 menit untuk mencapai temperatur dan putaran mesin yang lebih stabil.

Pada pengujian tanpa reaktor hidrogen, variabel yang berpengaruh hanya dari kecepatan putaran mesin. Terdapat tiga variasi kecepatan putaran mesin, yaitu ±2000 rpm, ±3000 rpm, dan ±4000 rpm. Perubahan pada kecepatan putaran mesin dilakukan dengan menggeser tuas gas pada mesin. Kecepatan putaran mesin akan ditinjau menggunakan tachometer digital.

Pada pengujian menggunakan reaktor hidrogen, nyalakan rotak untuk memulai langkah penghisapan air bakteri menuju reaktor hidrogen. Temperatur reaktor diatur menggunakan setrika, sehingga panas dari setrika akan terkonduksi menuju reaktor hidrogen. Rotak dan setrika dinyalakan dengan menyambungkan ke terminal listrik. Ada lima kondisi temperatur reaktor yang akan diuji, yaitu pada temperatur 100 °C, 110 °C, 120 °C, 130 °C, dan 140 °C. Temperatur dari reaktor ditinjau menggunakan thermometer infrared. Masing – masing temperatur ditinjau mengikuti dari kecepatan putaran mesin. Kecepatan putaran mesin yang ditinjau sama dengan kecepatan putaran mesin tanpa menggunakan reaktor yaitu pada ±2000 rpm, ±3000 rpm, dan ±4000 rpm ditinjau menggunakan tachometer. Gas buang dari mesin ditangkap oleh *Gas Analyzer* dan kandungan emisinya ditampilkan pada monitor *Gas Analyzer* milik Dinas Perhubungan Kabupaten Bandung. Emisi gas buang yang akan ditampilkan pada *Gas Analyzer* berupa gas hidrokarbon dan gas karbonmonoksida, dalam satuan persen.

3.2. Pengujian Tanpa Menggunakan Reaktor

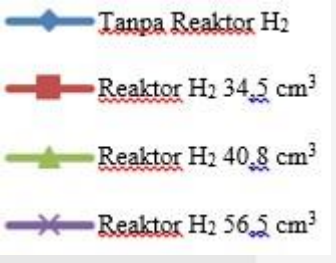
Tabel 2. Emisi Gas Buang Tanpa Reaktor

RPM	HC (%)	CO (%)
~2000	0,0264	5.98
~3000	0,024	5.61
~4000	0,0151	5.22

Pada emisi gas HC, nilai emisi yang dihasilkan berada di 0,0264 % hingga 0,0151 %. Nilai tersebut sudah jauh berada dibawah standar maksimal yang ditetapkan, yaitu 0,24 %. Emisi gas CO memiliki standar maksimal yang diberlakukan, yaitu 5,5 %. Kandungan emisi gas CO yang lolos standar hanya pada rpm ~4000. Maka, semakin tinggi rpm maka pembakaran yang terjadi lebih sempurna ditandai dengan nilai emisi yang dihasilkan lebih bersih.

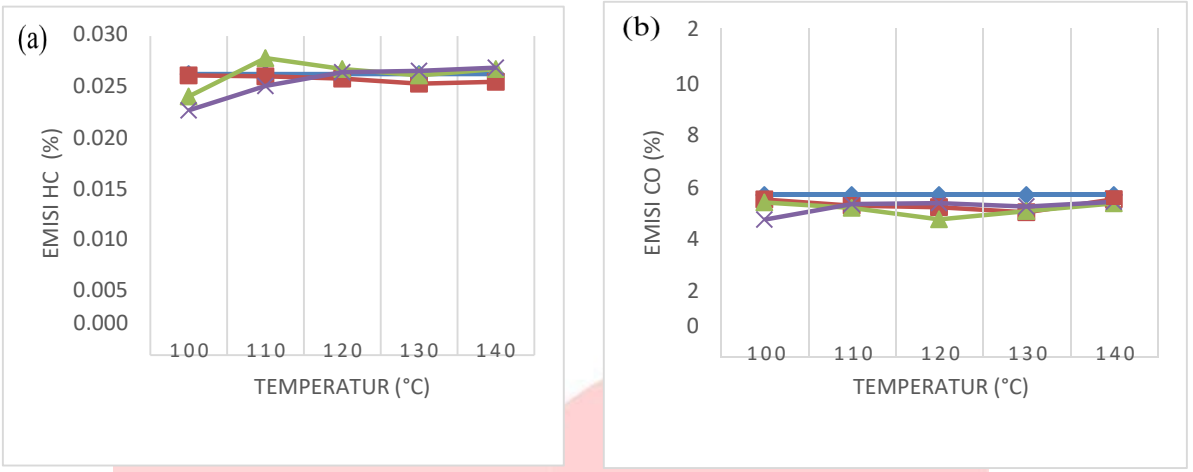
3.3. Pengujian Menggunakan Reaktor

Hasil pengambilan data yang dilakukan menggunakan reaktor hidrogen disajikan dalam bentuk diagram garis. Pada diagram tersebut, terdapat empat garis yang mewakili masing – masing kondisi pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Keterangan Garis Grafik

3.3.1. Pada RPM 2000



Gambar 2. Emisi Gas Buang Pada RPM 2000, (a) HC (b) CO

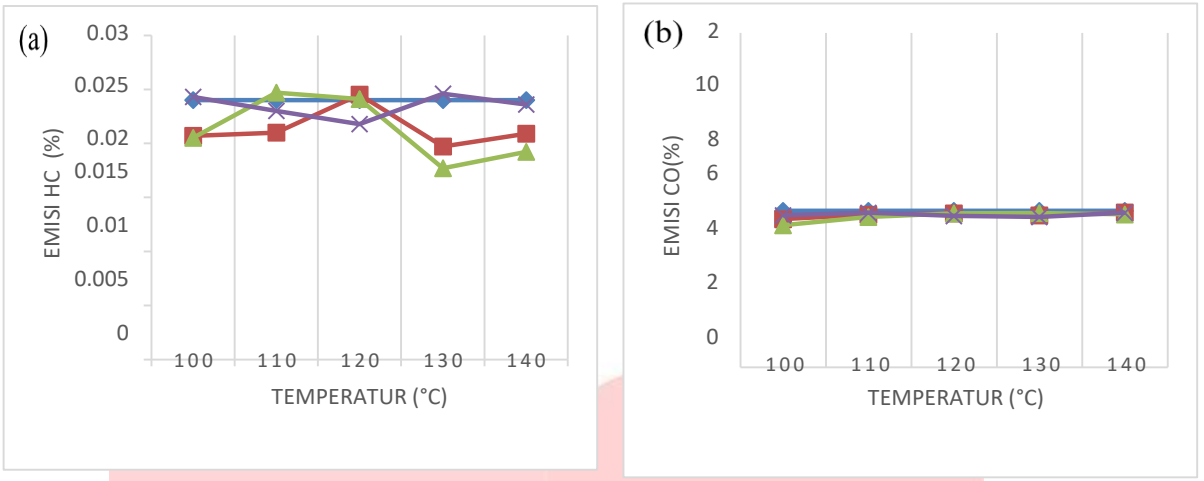
Hasil pengujian emisi gas buang kendaraan menggunakan reaktor hidrogen pada variasi putaran mesin 2000 rpm ditunjukan pada Gambar 2. Berdasarkan data tersebut, emisi gas hidrokarbon (HC) yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan. Data tersebut disajikan pada Gambar 2(a). Nilai acuan tanpa menggunakan reaktor yaitu berada pada 0,0264 %. Reaktor 34,5 cm3 berhasil menurunkan nilai emisi yang dihasilkan oleh mesin pada setiap temperatur reaktor yang dilakukan pengujian. Namun, ketika menggunakan reaktor 40,8 cm3 dan reaktor 56,5 cm3 mengalami sedikit kenaikan nilai emisi yang dihasilkan pada beberapa temperatur reaktor yang dilakukan pengujian. Pada reaktor 40,8 cm3, kenaikan nilai emisi terjadi pada temperatur reaktor 110 °C, 120 °C, dan 140 °C. Pada reaktor 56,5 cm3, kenaikan nilai emisi terjadi pada suhu reaktor 120 °C, 130 °C, dan 140 °C dengan selisih kenaikan yang terjadi hanya bernilai 0,0003 %. Penurunan terbesar pada nilai emisi gas buang terjadi pada reaktor 56,5 cm3 dengan temperatur 100 °C.

Fluktuasi pada nilai emisi gas HC yang dihasilkan terjadi akibat kandungan emisi gas HC sebelum menggunakan reaktor hidrogen sudah cukup rendah sehingga perbedaan yang dihasilkan tidak signifikan. Pada putaran mesin 2000 rpm, temperatur reaktor tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena data emisi yang dihasilkan tidak memiliki pola yang beraturan. Reaktor 34,5 cm3 menjadi reaktor yang paling efisien dalam menurunkan kadar emisi gas HC. Hal ini menunjukkan penguapan pada reaktor 34,5 cm3 memberikan suplai gas hidrogen yang lebih konsisten kepada ruang bakar. Penurunan pada kandungan nilai emisi gas HC yang dihasilkan menunjukan gas hidrogen mampu mengurangi kandungan bahan bakar yang tidak terbakar pada ruang bakar.

Seluruh kandungan emisi gas karbonmonoksida (CO) yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan ditunjukan oleh Gambar 2(b). Nilai acuan pada mesin tanpa menggunakan reaktor hidrogen yaitu 5,98 %. Penurunan terbesar terjadi pada reaktor 56,5 cm3 dengan temperatur 100 °C. Emisi gas CO yang dihasilkan berubah menjadi 5,08 %. Penurunan paling kecil terjadi pada reaktor 34,5 cm3 dengan temperatur 140 °C. Penurunan yang dihasilkan menjadi 5,83 %.

Pada putaran mesin 2000 rpm, temperatur reaktor tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena data emisi yang dihasilkan tidak memiliki pola yang beraturan. Reaktor 40,8 cm3 memiliki nilai rata – rata paling rendah dalam menurunkan kadar emisi gas CO. Hal ini menunjukkan penguapan pada reaktor 40,8 cm3 memberikan suplai gas hidrogen yang lebih konsisten kepada ruang bakar untuk membantu menyempurnakan pembakaran. Penurunan pada kandungan nilai emisi gas CO yang dihasilkan menunjukan gas hidrogen mampu membantu mengoksidasi karbon pada bahan bakar.

3.3.2. Pada RPM 3000



Gambar 3. Emisi Gas Buang Pada RPM 3000, (a) HC (b) CO

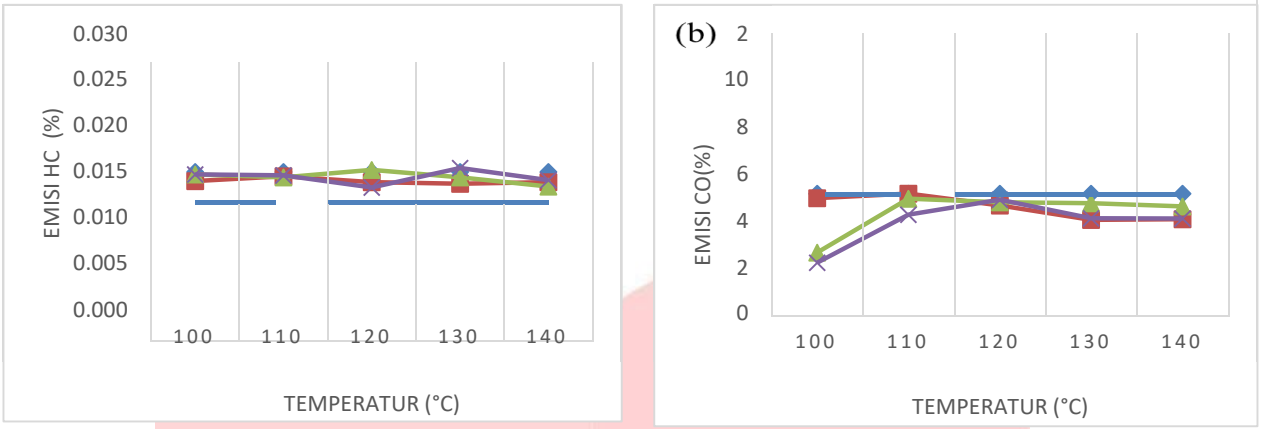
Hasil pengujian emisi gas buang kendaraan menggunakan reaktor hidrogen pada variasi putaran mesin 3000 rpm ditunjukan pada Gambar 3. Berdasarkan data pada Gambar 3(a), emisi gas hidrokarbon (HC) yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan paling besar pada reaktor 40,8 cm3 di temperatur 130 °C, yaitu 0,0177 %. Kenaikan nilai emisi gas buang juga terjadi pada kondisi variasi rpm 3000 dengan selisih paling besar ada pada reaktor 40,8 cm3 di temperatur 110 °C.

Fluktuasi pada nilai emisi gas HC yang dihasilkan terjadi akibat kandungan emisi gas HC sebelum menggunakan reaktor hidrogen sudah cukup rendah sehingga perbedaan yang dihasilkan tidak signifikan. Pada putaran mesin 3000 rpm, temperatur reaktor tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena data emisi yang dihasilkan tidak memiliki pola yang beraturan. Reaktor 40,8 cm3 menjadi reaktor yang paling efisien dalam menurunkan kadar emisi gas HC meskipun terjadi sedikit kenaikan pada suhu 130 °C. Hal ini menunjukkan penguapan pada reaktor 40,8 cm3 memberikan suplai gas hidrogen yang lebih konsisten kepada ruang bakar. Penurunan pada kandungan nilai emisi gas HC yang dihasilkan menunjukan gas hidrogen mampu mengurangi kandungan bahan bakar yang tidak terbakar pada ruang bakar.

Kandungan emisi gas karbonmonoksida (CO) ditunjukkan pada Gambar 3(b). Seluruh kandungan emisi gas CO mengalami penurunan dari data acuan. Reaktor 40,8 cm3 di temperatur 100 °C memiliki nilai penurunan kadar emisi gas CO paling banyak, yaitu 9,6 %. Penurunan paling sedikit terjadi pada reaktor 34,5 cm3 di temperatur 140 °C, yaitu hanya menurun menjadi 5,56 %. Temperatur pada reaktor tidak menunujukan pengaruh yang signifikan karena pola penurunan yang terjadi tidak teratur.

Pada putaran mesin 3000 rpm, temperatur reaktor tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena data emisi yang dihasilkan tidak memiliki pola yang beraturan. Reaktor 40,8 cm3 memiliki nilai rata – rata paling rendah dalam menurunkan kadar emisi gas CO. Hal ini menunjukkan penguapan pada reaktor 40,8 cm3 memberikan suplai gas hidrogen yang lebih konsisten kepada ruang bakar untuk membantu menyempurnakan pembakaran. Penurunan pada kandungan nilai emisi gas CO yang dihasilkan menunjukan gas hidrogen mampu membantu mengoksidasi karbon pada bahan bakar.

3.3.3. Pada RPM 4000



Gambar 4. Emisi Gas Buang Pada RPM 4000, (a) HC (b) CO

Hasil pengujian emisi gas buang kendaraan menggunakan reaktor hidrogen pada variasi putaran mesin 4000 rpm ditunjukan pada Gambar 4. Berdasarkan data pada Gambar 4(a), emisi gas hidrokarbon (HC) yang dihasilkan setelah menggunakan reaktor hidrogen mengalami penurunan paling besar pada reaktor 56,5 cm3 di temperatur 120 °C, yaitu 0,0134 %. Kenaikan nilai emisi gas buang juga terjadi pada kondisi variasi rpm 4000 dengan selisih paling besar ada pada reaktor 56,5 cm3 di temperatur 130 °C.

Fluktuasi pada nilai emisi gas HC yang dihasilkan terjadi akibat kandungan emisi gas HC sebelum menggunakan reaktor hidrogen sudah cukup rendah sehingga perbedaan yang dihasilkan tidak signifikan. Pada putaran mesin 4000 rpm, temperatur reaktor tidak memiliki pengaruh yang signifikan karena data emisi yang dihasilkan tidak memiliki pola yang beraturan. Reaktor 34,5 cm3 menjadi reaktor yang memiliki nilai rata – rata paling rendah dalam menurunkan kadar emisi gas HC. Hal ini menunjukkan penguapan pada reaktor 34,5 cm3 memberikan suplai gas hidrogen yang lebih konsisten kepada ruang bakar. Penurunan pada kandungan nilai emisi gas HC yang dihasilkan menunjukan gas hidrogen mampu mengurangi kandungan bahan bakar yang tidak terbakar pada ruang bakar.

Kandungan emisi gas karbonmonoksida (CO) ditunjukkan pada Gambar 4(b). Seluruh kandungan emisi gas CO mengalami penurunan dari data acuan. Penurunan paling besar terjadi pada reaktor 56,5 cm3 di temperatur 100 °C, yaitu menjadi 2,27 %. Penurunan paling sedikit terjadi pada reaktor 34,5 cm3, yaitu hanya menurun menjadi 5,21 %. Temperatur pada reaktor tidak menunujukan pengaruh yang signifikan karena pola penurunan yang terjadi tidak teratur.

Reaktor 56,5 cm3 memiliki nilai paling rendah dalam menurunkan kadar emisi gas CO. Hal ini menunjukkan penguapan pada reaktor 56,5 cm3 memberikan suplai gas hidrogen yang lebih konsisten kepada ruang bakar untuk membantu menyempurnakan pembakaran. Penurunan pada kandungan nilai emisi gas CO yang dihasilkan menunjukan gas hidrogen mampu membantu mengoksidasi karbon pada bahan bakar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengambilan data yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Reaktor hidrogen berhasil menurunkan kandungan emisi gas HC dan CO sekaligus membantu menyempurnakan pembakaran bahan bakar dilihat dari semakin turunnya nilai emisi yang dihasilkan pada pengujian menggunakan reaktor hidrogen.
   - Penurunan terbesar emisi gas HC terjadi pada reaktor 40,8 cm3 pada temperatur 130 °C di kecepatan putaran mesin 3000 rpm yaitu sebesar 27 %.
   - Penurunan terbesar emisi gas CO terjadi pada reaktor 56,5 cm^3 pada temperatur 100 °C di kecepatan putaran mesin 4000 rpm yaitu sebesar 57 %.
2. Semakin tinggi kecepatan putaran mesin maka emisi yang dihasilkan memiliki nilai emisi yang lebih rendah karena pembakaran bahan bakar yang terjadi semakin banyak.
3. Temperatur pada reaktor tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil kandungan emisi gas buang yang dihasilkan karena hasil pengujian menghasilkan grafik yang memiliki pola tidak beraturan.

Daftar Pustaka:

[1] Mardiansyah, Sistem Produksi Hidrogen Melalui Proses Elektrolisis Plasma Non-Termal Dalam Larutan Elektrolit KOH Dengan Penambahan Metanol dan Etanol, Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2011.

[2] S. Djati H and I. Finahary, "Perbandingan Produksi Hidrogen Dengan Energi Nuklir Proses Elektrolisis Dan Steam Reforming," in Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta, 2008.

[3] E. Zachri, "Bakteri Ekstrem Menghasilkan Hidrogen," 2015. [Online]. Available: http://tekno.tempo.co/amp/639679/bakteri-ekstrem-ini-menghasilkan-hidrogen. [Accessed 15 November 2018].

[4] K. Oktaviani, "Mengenal Standar Emisi Gas Buang Eropa," 2018. [Online]. Available: https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/mengenal-standar-emisi-gas-buang-eropa. [Accessed 15 November 2018].

[5] R. I. Waskito, Analisis Penggunaan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Air Pada Motor Bakar 4 Langkah Yang Diinjeksikan Setelah Karburator Dengan Variasi Lubang Mixer, Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2011.

[6] A. Ariella, "Hidrogen," 2013. [Online]. Available: http://www.academia.edu/7206990/Hidrogen. [Accessed 1 November 2018].

[7] S. Alimah and D. H. Salimy, "Analisis Pasokan Panas Pada Produksi Hidrogen Proses Steam Reforming Konvensional Dan Nuklir," Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, vol. 17 (1), pp. 11 - 20, 2015.

[8] M. F. Kamajaya, Perbedaan Konsumsi Bahan Bakar Dan Kepekatan Gas Buang Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan Campuran Solar Dengan Minyak Cengkeh, Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, 2013.

[9] D. Muziansyah, Rahayu Sulistyorini and Syukur Sebayang, "Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung)," JRSDD, vol. 3(1), pp. 57-70, 2015.

[10] P. Kristanto, "Sistem Injeksi Hidrogen Untuk Mengurangi Emisi Hidrokarbon," Jurnal Teknik Mesin, vol. 1(2), pp. 122-123, 1999.

[11] Republik Indonesia, Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.