

ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN HYDROCARBON CRACK SYSTEM DENGAN VARIASI TEMPERATUR PIPA KATALIS TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN 4 LANGKAH

Irvan Usman Nur Rais¹, Sri Widodo², Kun Suharno³

Universitas Tidar

irvanoesman@gmail.com¹, sriwidodo@untidar.ac.id², kunsuharno@untidar.ac.id

ABSTRAK

Proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar dapat mempengaruhi emisi gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan. *Hydrocarbon crack system* (HCS) merupakan alat yang sering dipakai untuk memperbaiki kualitas pembakaran, dengan memanfaatkan pipa katalis yang dipanaskan untuk memecah bahan bakar menjadi unsur hidrogen dan karbon. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh pemasangan HCS dengan variasi temperatur pipa katalis terhadap AFR (*air-fuel ratio*) aktual dan emisi gas buang. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimental, dengan variasi temperatur pipa katalis tembaga dan kecepatan putaran mesin. Pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan *exhaust gas analyzer*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pemasangan HCS berpengaruh terhadap AFR aktual dan emisi gas buang. Pemasangan HCS pada putaran mesin 1500 rpm, dengan temperatur pipa katalis 100°C dapat memperbaiki AFR aktual mendekati stoikiometri, yaitu 19,11:1. Pada putaran mesin 2000 rpm, AFR aktual mendekati stoikiometri diperoleh dengan pemasangan HCS pada temperatur pipa katalis HCS 200°C, yaitu 18,94:1. Pada putaran mesin 2500 rpm dan 3000 rpm, pemasangan HCS cenderung memperburuk AFR aktual. Peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas HC terbesar terjadi pada temperatur pipa katalis 250°C sebesar 121,773%. Penurunan rata-rata konsentrasi emisi gas CO terbesar terjadi pada temperatur pipa katalis 100°C sebesar 67,184%. Peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas CO₂ terbesar terjadi pada temperatur pipa katalis 100°C sebesar 32,727%. Penurunan rata-rata konsentrasi emisi gas O₂ terjadi pada temperatur pipa katalis 50°C, 100°C, 150°C dan 200°C, dengan penurunan terbesar pada temperatur pipa katalis 150°C sebesar 7,059% dan peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas O₂ terjadi pada temperatur pipa katalis 250°C sebesar 1,827%.

Kata Kunci: AFR Aktual, Emisi Gas Buang, *Exhaust Gas Analyzer*, *Hydrocarbon Crack System*, Kendaraan Bermotor

ABSTRACT

The combustion process of air-fuel mixture can affect the exhaust gas emissions of motorized vehicles produced. Hydrocarbon crack system is a tool often used to enhance combustion quality by using a heated catalyst pipe to break fuel into hydrogen dan carbon elements. The purpose of study was to analyze the effect of HCS installation using temperature variation of HCS catalyst pipe on the actual AFR (air-fuel ratio) and exhaust gas emissions. The research method used in this study was experimental, using variations in the temperature of copper catalyst pipe and engine speed. Data retrieval used in this study was exhaust gas analyzer. The results showed that HCS installation had effect on the actual AFR and exhaust gas emissions. Installation of HCS at 1500 rpm, with the catalyst pipe temperature of 100°C, could improve the actual AFR approaching stoichiometry, at 19,11:1. At 2000 rpm, the actual AFR approaching stoichiometry was obtained by HCS installation at catalyst pipe temperature of 200°C, at 18,94:1. At 2500 rpm and 3000 rpm, HCS installation tended to worsen the actual AFR. The highest increase in the average concentration of HC emissions at the catalyst pipe temperature of 250°C was 121,773%. The highest decrease in the average concentration of CO emissions at the catalyst pipe temperature of 100°C was 67,184%. The highest increase in the average concentration of CO₂ emissions at catalyst pipe temperature of 100°C was

32,727%. The decrease in the average concentration of O_2 emissions occurred at catalyst pipe temperature of 50°C, 100°C, 150°C and 200°C, with the highest decrease and increase were at catalyst pipe temperature of 150°C by 7,059% and 250°C by 1,827% respectively.

Keywords: Actual AFR, Exhaust Gas Emissions, Exhaust Gas Analyzer, Hydrocarbon Crack System, Motorized Vehicles

PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi prinsip fisika-konversi energi pada kendaraan bermotor adalah sistem pembakaran. Kendaraan bermotor umumnya menerapkan sistem pembakaran dalam, yang disebut motor pembakaran dalam atau motor bakar torak. Motor bakar torak berdasarkan sistem penyalanya diklasifikasikan menjadi dua, yaitu motor bensin atau motor Otto yang beroperasi berdasarkan siklus Otto udara baku dan motor diesel yang beroperasi berdasarkan siklus diesel udara baku [1]. Sedangkan berdasarkan siklus operasi motor, motor bakar torak dibedakan menjadi motor 2-langkah dan motor 4-langkah. Pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang menghasilkan gas-gas panas bertekanan tinggi pada motor bakar torak berlangsung di dalam ruang tertutup.

Pembakaran adalah reaksi kimia di mana elemen tertentu dari bahan bakar bergabung dengan oksigen (dari atmosfer) dan melepaskan sejumlah besar energi yang menyebabkan peningkatan temperatur gas. Jumlah maksimum energi kimia atau kalor yang dilepaskan dari bahan bakar terjadi ketika bereaksi dengan sejumlah oksigen dari atmosfer dengan rasio tertentu untuk menghasilkan pembakaran. Proses pembakaran pada motor bakar torak dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti volume udara yang dimampatkan, jenis bahan bakar yang digunakan, jumlah campuran udara dan bahan bakar, ruang pembakaran dan zat pengotor yang terdapat di udara.

Pembakaran akan mempengaruhi emisi gas buang kendaraan bermotor. Pembakaran yang sempurna atau pembakaran stoikiometri, terjadi ketika semua karbon dalam bahan bakar akan membentuk karbondioksida (CO_2) dan semua hidrogen membentuk air (H_2O) di dalam produk [1]. Namun pada kenyataannya, proses pembakaran pada motor bakar torak tidak sepenuhnya berlangsung sempurna.

Pembakaran tidak sempurna berlangsung apabila oksigen tidak cukup untuk membakar bahan bakar sepenuhnya menjadi karbon

dioksida dan air, atau keberadaan bahan bakar yang berlebih. Hal ini tentunya akan menyebabkan efisiensi bahan bakar berkurang. Konsumsi energi sektor transportasi Indonesia pada tahun 2016 menempati urutan pertama dengan presentase 43,68%, atau sebesar 307,077,749 BOE (barrel oil equivalent), dengan penggunaan bahan bakar minyak sebesar 99,90% [2]. Sedangkan, cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2016 mengalami penurunan sebesar 0,74% [3]. Hal ini tentu akan sangat merugikan, apabila sektor terbesar pengguna energi di Indonesia memiliki efisiensi dalam penggunaan bahan bakar yang rendah.

Perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar juga akan mempengaruhi terbentuknya gas buang yang dihasilkan [1]. Emisi gas buang yang rendah akan terjadi ketika proses pembakaran yang terjadi berlangsung secara ideal atau sempurna. Pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang tidak sempurna pada sebuah motor bakar torak, seringkali menghasilkan sisa campuran bahan bakar yang belum terbakar terbuang ke udara bebas, dimana sisa campuran bahan bakar tersebut mengandung unsur-unsur berbahaya bagi kesehatan manusia. Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor antara lain hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2) dan partikulat [1]. Emisi gas buang tersebut apabila bertambah semakin banyak, akan merusak kondisi lingkungan yang disebut dengan pemanasan global. Pemanasan global adalah kondisi peningkatan temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi, yang akan sangat berpengaruh terhadap berlangsungnya kehidupan manusia.

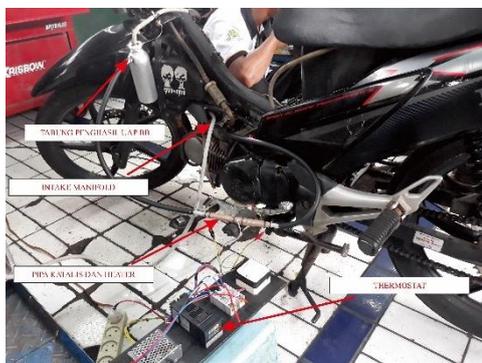
Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas pembakaran pada motor bakar torak adalah dengan memperbaiki perbandingan udara dan bahan bakar (*air fuel ratio*) agar mendekati ideal. Perbandingan udara dan bahan bakar yang mendekati ideal akan menekan jumlah molekul bahan bakar yang tidak terbakar sekecil mungkin. Katalis adalah bahan yang dapat mempercepat

terjadinya reaksi kimia, yang tidak mempengaruhi keadaan akhir kesetimbangan reaksi dan komposisi kimia katalis tersebut tidak berubah. Katalis pada bahan bakar dapat membuat jumlah molekul bahan bakar yang terbakar menjadi lebih banyak, sehingga akan memperbaiki kualitas reaksi kimia pada proses pembakaran. Penggunaan katalis untuk meningkatkan kualitas pembakaran disebut dengan *Hydrocarbon Crack System* (HCS). *Hydrocarbon Crack System* adalah alat untuk memecah hidro karbon (bahan bakar) menjadi unsur hidrogen (H) dan karbon (C) dengan menggunakan pipa katalis yang dipanaskan [4]. Logam katalis yang biasa digunakan adalah Platinum (Pt). Namun logam tersebut memiliki kekurangan, yaitu harga yang relatif sangat mahal. Logam katalis tembaga (Cu) merupakan logam katalis yang relatif murah dan mudah didapatkan.

Berdasarkan uraian di atas, penulis akan melakukan penelitian dengan menggunakan pipa tembaga (Cu) sebagai katalis *Hydrocarbon Crack System* (HCS). Variabel yang akan diteliti adalah emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan dalam kondisi pemasangan HCS dan tanpa pemasangan HCS, dengan variasi temperatur pada pipa katalis. Emisi gas buang diukur dengan menggunakan *Exhaust Gas Analyzer*.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimental. Suatu penelitian yang dilakukan terhadap variabel dan data yang belum pernah dilakukan.



Gambar 1. Instalasi *Hydrocarbon Crack System*

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2019, bertempat di Laboratorium Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan uap bahan bakar yang terdapat pada tabung bahan

bakar melewati pipa katalis tembaga dengan diameter dalam 10 mm, panjang 150 mm dan tebal 1 mm melalui selang tahan panas, yang kemudian dialirkan ke intake manifold, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan temperatur pipa katalis tembaga (Cu) pada pemasangan *Hydrocarbon Crack System* yaitu 50°C, 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C, pada putaran mesin 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm. Pengujian dilakukan satu kali pengambilan data dari masing-masing variasi. Pengujian yang dilakukan adalah uji emisi gas buang, serta nilai lamda (λ) pada masing-masing pengujian. Pengujian eksperimental ini didasarkan pada kondisi sebagai berikut:

1. Rasio kompresi diambil dari kondisi standar motor yaitu sebesar 9,0:1.
2. Tekanan udara luar pada keadaan standar (1 atmosfer).
3. Temperatur lingkungan dijaga antara 20°C (293 K) sampai 35°C (308 K).

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan teknik analisis data deskriptif kuantitatif. Data yang telah didapatkan dari pengujian kemudian dianalisis dengan mengkomparasikan informasi terkait masalah yang terjadi dan direlasikan dengan konsep serta teori sebelumnya yang akan menghasilkan benang merah dari masalah yang dibahas dalam penelitian ini. Data tersebut adalah nilai lamda dan konsentrasi emisi gas buang. Nilai lamda digunakan untuk menghitung nilai AFR aktual pada proses pembakaran. Data konsentrasi emisi gas buang akan dikomparasikan dengan informasi terkait masalah yang terjadi dan direlasikan dengan konsep serta teori terbentuknya emisi gas buang.

Standar Pengujian

Standar pengujian dalam penelitian ini berdasarkan SNI 19-7118.3-2005 yang dilakukan pada kondisi idle. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 19-7118.3-2005 terdiri dari tiga bagian, yaitu persiapan kendaraan uji, persiapan peralatan, pengukuran dan pencatatan.

Kendaraan Uji

Kendaraan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor bensin 4-langkah. Spesifikasi mesin dan kelistrikan kendaraan uji yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Mesin dan Kelistrikan Kendaraan Uji

Merek Mesin	Honda Supra X 125
Tipe Mesin	4-Langkah SOHC
Diameter x Langkah	52,4 mm x 57,9 mm
Pencampuran	Karburator
Bahan Bakar	
Jumlah Silinder	1 Silinder
Volume Langkah	124,8 cc
Torak Total	
Sistem Transmisi	Roda Gigi
Perbandingan Kompresi	9,0:1
Sistem Pendingin Mesin	Pendingin Udara
Daya Maksimal	9,3 ps @ 7500 rpm
Torsi Maksimal	1,03 kgf.m/4000 rpm
Tipe Kopling	Automatis, Sentrifugal
Sistem Pelumasan	Basah
Tahun Pembuatan	2009
Baterai	12 V – 3,5 Ah
Busi	(NGK) CPR6EA-9
Pengapian	CDI-DC

Pipa Katalis

Pipa katalis pada sistem *Hydrocarbon Crack System* didesain dengan panjang pipa katalis sebesar 150 mm, dengan diameter luar 12 mm dan tebal 1 mm. Pipa katalis tersebut disambungkan dengan pipa berdiameter luar 7 mm (untuk pemasangan selang tahan panas), tebal 1 mm dan panjang 20 mm. Penyambungan menggunakan las asetilen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

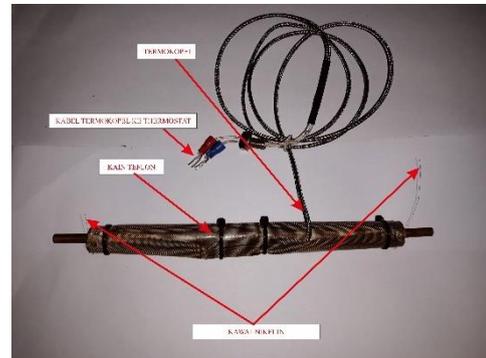


Gambar 2. Pipa Katalis

Pemanas

Pemanas atau *heater* dirangkai pada pipa katalis dalam bentuk lilitan menggunakan kawat nikelin sebagai elemen pemanas

sebanyak 27 lilitan, yang terhubung dengan sumber tegangan AC, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Sensor temperatur (termokopel) terpasang pada pipa katalis, yang terhubung dengan *thermostat* yang akan mengaktifkan atau mematikan *relay* SSR 40-DA sesuai dengan nilai temperatur yang dimasukkan.



Gambar 3. Rangkaian Heater pada Pipa Katalis

Tabung Penghasil Uap Bahan Bakar

Tabung penghasil uap bahan bakar menggunakan tabung aluminium yang terisi 200 ml bahan bakar jenis Peralite RON 90. Pada tabung terpasang kran udara dengan diameter dalam 2 mm, yang terhubung dengan selang tahan panas menuju pipa katalis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

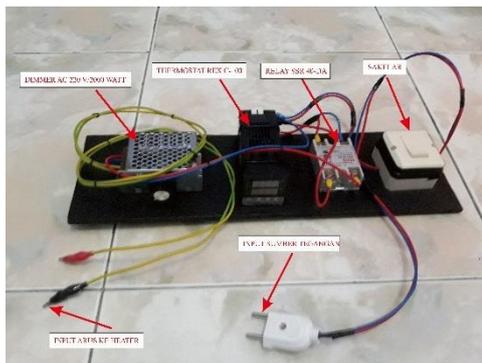


Gambar 4. Tabung Penghasil Uap Bahan Bakar

Temperatur Kontrol

Temperatur kontrol menggunakan *thermostat* REX C-100 sebagai pengatur suplai arus listrik menuju heater seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Arus listrik diturunkan terlebih dahulu melalui SCR dimmer voltage regulator AC 220 V/2000 Watt, agar kawat nikelin yang digunakan sebagai heater tidak terputus. Arus listrik yang disuplai menuju kawat nikelin yang

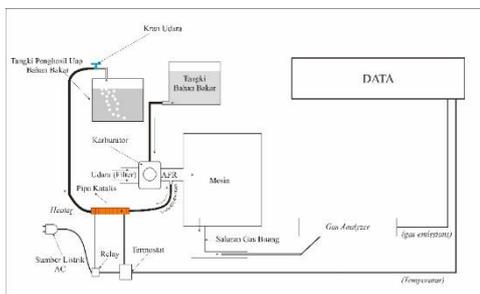
memiliki resistansi 175 Ohm/meter akan menghasilkan panas yang digunakan untuk memanaskan pipa katalis. Sensor suhu termokopel yang terpasang pada pipa katalis digunakan sebagai masukan nilai temperatur pada thermostat REX C-100. Temperatur akan dijaga oleh thermostat REX C-100 sesuai dengan nilai yang dimasukkan, dengan pengaturan arus listrik yang disuplai melalui relay SSR 40-DA. Relay tersebut akan secara otomatis memutus atau menghubungkan arus listrik yang disuplai menuju heater, agar temperatur dijaga sesuai dengan nilai yang dimasukkan.



Gambar 5. Rangkaian Temperatur Kontrol

Skema Instalasi Pengujian Hydrocarbon Crack System

Skema instalasi pengujian emisi gas buang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut:

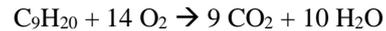


Gambar 6. Skema Instalasi Pengujian

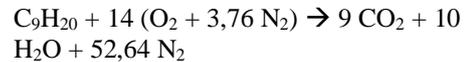
HASIL DAN PEMBAHASAN

AFR Stoikiometri

Perbandingan campuran udara dan bahan bakar stoikiometri jenis bahan bakar Peralite RON 90 dapat dihitung berdasarkan reaksi kimia pembakaran yang terjadi secara sempurna. Persamaan reaksi kimia pembakaran sempurna pada bahan bakar Peralite RON 90 dengan rumus kimia C_9H_{20} sebagai berikut:



Udara di atmosfer berisi sekitar 21% volume oksigen (O_2) dan 79% terdiri dari gas-gas lain yang sebagian besar nitrogen (N_2), sehingga setiap mol oksigen di udara terdapat 3,76 mol nitrogen atmosfer [1]. Berdasarkan hal tersebut, persamaan reaksi pembakaran bahan bakar Peralite RON 90 sebagai berikut:



$$\begin{array}{rcl} \text{Mr } C_9 & : & 12 \times 9 = 108 \\ \text{Mr } H_{20} & : & 1 \times 20 = 20 \\ \hline \text{Mr } C_9H_{20} & & = 128 \end{array}$$

Berdasarkan persamaan reaksi pembakaran sempurna Peralite RON 90, dengan massa atom relatif (Mr) dari C_9H_{20} adalah 128 dan massa atom relatif (Mr) oksigen adalah 32, maka oksigen yang dibutuhkan untuk setiap kilogram bahan bakar Peralite RON 90 dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{14 \times \text{Mr oksigen}}{\text{Mr Peralite RON 90}} = \frac{14 \times 32}{128} \\ &= 3,50 \text{ kg oksigen} \end{aligned}$$

Kadar oksigen dalam atmosfer adalah 23,2% berat, maka udara yang dibutuhkan untuk membakar 1 kg bahan bakar Peralite RON 90 dapat dihitung sebagai berikut:

$$= 3,5 \times \frac{100}{23,2} = 15,08 \text{ kg}$$

Jadi rasio udara dan bahan bakar (AFR) stoikiometri dari bahan bakar Peralite RON 90 adalah 15,08:1.

AFR Aktual

Perbandingan campuran udara dan bahan bakar aktual atau AFR aktual adalah hasil perkalian antara nilai lamda (λ) dengan AFR stoikiometri, yang dapat dirumuskan seperti pada persamaan sebagai berikut [5]:

$$AFR_{\text{aktual}} = \lambda (AFR_{\text{stoikiometri}})$$

Keterangan :

$$AFR_{\text{aktual}} = \text{perbandingan campuran udara dan bahan bakar aktual}$$

$AFR_{stoikiometri}$ = perbandingan campuran udara dan stoikiometri
 λ = Lamda

Analisis AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 1500 rpm

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis nilai lamda, AFR aktual yang diperoleh pada proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar kendaraan uji pada putaran mesin 1500 rpm ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 1500 rpm

No	Jenis Pengujian	AFR Aktual
1	Tanpa Pemasangan HCS	21,90:1
2	Pemasangan HCS Temperatur 50°C	20,39:1
3	Pemasangan HCS Temperatur 100°C	19,11:1
4	Pemasangan HCS Temperatur 150°C	21,49:1
5	Pemasangan HCS Temperatur 200°C	20,16:1
6	Pemasangan HCS Temperatur 250°C	21,78:1

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa, pemasangan *Hydorcarbon Crack System* (HCS) cenderung memperbaiki AFR aktual mendekati stoikiometri atau ideal pada putaran mesin 1500 rpm. Nilai AFR aktual yang paling mendekati stoikiometri atau ideal diperoleh dengan pemasangan HCS pada temperatur pipa katalis 100°C, yaitu 19,11:1.

Analisis AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 2000 rpm

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis nilai lamda, AFR aktual yang diperoleh pada proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar kendaraan uji pada putaran mesin 2000 rpm ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 2000 rpm

No	Jenis Pengujian	AFR Aktual
1	Tanpa Pemasangan HCS	19,82:1
2	Pemasangan HCS Temperatur 50°C	20,64:1
3	Pemasangan HCS Temperatur 100°C	20,31:1
4	Pemasangan HCS Temperatur 150°C	19,52:1

5	Pemasangan HCS Temperatur 200°C	18,94:1
6	Pemasangan HCS Temperatur 250°C	20,57:1

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa, pemasangan *Hydorcarbon Crack System* (HCS) cenderung memperbaiki AFR aktual mendekati stoikiometri atau ideal pada putaran mesin 2000 rpm dengan temperatur pipa katalis HCS 150°C dan 200°C. AFR aktual pada temperatur pipa katalis HCS 50°C, 100°C dan 250°C cenderung menjauhi stoikiometri atau ideal. Nilai AFR aktual yang paling mendekati stoikiometri diperoleh dengan pemasangan HCS pada temperatur pipa katalis 200°C, yaitu 18,94:1.

Analisis AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 2500 rpm

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis nilai lamda, AFR aktual yang diperoleh pada proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar kendaraan uji pada putaran mesin 2500 rpm ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 2500 rpm

No	Jenis Pengujian	AFR Aktual
1	Tanpa Pemasangan HCS	15,98:1
2	Pemasangan HCS Temperatur 50°C	18,67:1
3	Pemasangan HCS Temperatur 100°C	21,35:1
4	Pemasangan HCS Temperatur 150°C	17,85:1
5	Pemasangan HCS Temperatur 200°C	17,75:1
6	Pemasangan HCS Temperatur 250°C	18,04:1

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa, pemasangan *Hydorcarbon Crack System* (HCS) cenderung memperburuk AFR aktual pada putaran mesin 2500 rpm.

Analisis AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 3000 rpm

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis nilai lamda, AFR aktual yang diperoleh pada proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar kendaraan uji pada putaran mesin 3000 rpm ditunjukkan pada Tabel 5.

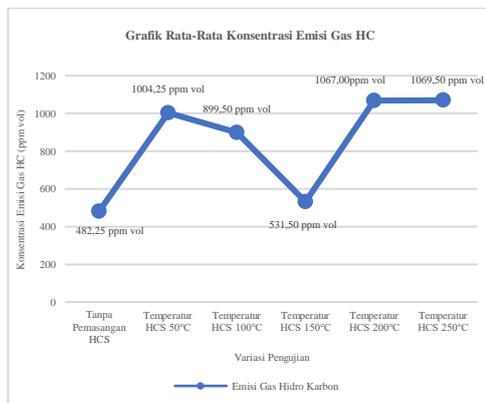
Tabel 5. AFR Aktual Kendaraan Uji pada Putaran Mesin 3000 rpm

No	Jenis Pengujian	AFR Aktual
1	Tanpa Pemasangan HCS	16,15:1
2	Pemasangan HCS Temperatur 50°C	17,70:1
3	Pemasangan HCS Temperatur 100°C	21,52:1
4	Pemasangan HCS Temperatur 150°C	17,85:1
5	Pemasangan HCS Temperatur 200°C	17,40:1
6	Pemasangan HCS Temperatur 250°C	17,67:1

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa, pemasangan *Hydorcarbon Crack System* (HCS) cenderung memperburuk rasio campuran udara dan bahan bakar pada putaran mesin 3000 rpm.

Analisis Emisi Gas Hidrokarbon (HC)

Berdasarkan hasil pengolahan data hasil pengujian emisi gas hidrokarbon (HC), rata-rata konsentrasi emisi gas HC ditunjukkan pada Gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Rata-Rata Konsentrasi Emisi Gas HC

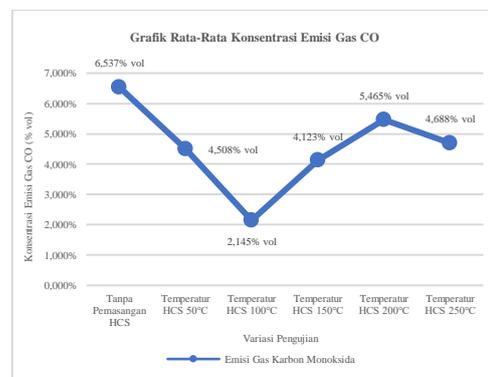
Emisi gas hidrokarbon (HC) terbentuk karena bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah, atau bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang [6]. Ambang batas emisi gas HC untuk kendaraan bermotor kategori L (sepeda motor 2 langkah) dengan tahun pembuatan dibawah tahun 2010, maksimal sebesar 12000 ppm vol [7]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, hasil pengujian menunjukkan bahwa pemasangan HCS cenderung menyebabkan peningkatan emisi gas HC.

Peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas HC pada temperatur pipa katalis HCS 50°C, 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C masing-masing sebesar 108,243%, 86,522%, 10,213%, 121,255% dan 121,773%. Peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas HC terbesar terjadi pada variasi pemasangan HCS dengan temperatur pipa katalis 250°C, yaitu 121,773% dengan konsentrasi 1069,50 ppm vol.

Meningkatnya emisi gas HC dengan variasi pemasangan HCS dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu suplai uap bahan bakar yang masuk tidak seluruhnya terbakar dan terbentuknya gugusan HC yang diakibatkan oleh pemanasan uap bahan bakar oleh katalis, yang kemudian ikut keluar bersama gas buang. Meskipun dengan variasi pemasangan HCS menyebabkan meningkatnya rata-rata emisi gas HC, namun nilai konsentrasi tersebut masih berada di ambang batas yang diijinkan.

Analisis Emisi Gas Karbon Monoksida (CO)

Hasil pengujian emisi gas karbon monoksida (CO) pada exhaust gas analyzer merupakan karbon monoksida terkoreksi (CO_{cor}). Emisi gas karbon monoksida (CO) terbentuk akibat proses pembakaran yang tidak sempurna, dengan unsur oksigen yang tidak cukup [6]. Emisi gas CO juga terbentuk akibat sulitnya mempertahankan campuran udara dan bahan bakar yang tepat pada proses pembakaran [8]. Ambang batas emisi gas CO untuk kendaraan bermotor kategori L (sepeda motor 2 langkah) dengan tahun pembuatan dibawah tahun 2010, maksimal sebesar 4,5% vol [7].



Gambar 8. Grafik Rata-Rata Konsentrasi Emisi Gas CO

Berdasarkan hasil pengolahan data hasil pengujian emisi gas CO_{cor}, rata-rata

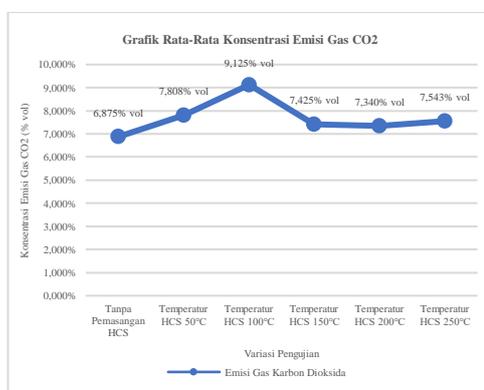
konsentrasi emisi gas CO_{cor} ditunjukkan pada Gambar 8. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, pemasangan HCS dapat menurunkan emisi gas CO. Rata-rata konsentrasi emisi gas CO yang dihasilkan pada variasi tanpa pemasangan HCS adalah sebesar 6,537%. Nilai tersebut tentu tidak berada pada ambang batas emisi gas CO yang diijinkan oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006.

Penurunan rata-rata konsentrasi emisi gas CO pada temperatur pipa katalis HCS 50°C, 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C masing-masing sebesar 31,033%, 67,184%, 36,927%, 16,393% dan 28,287%. Penurunan rata-rata konsentrasi emisi gas CO terbesar terjadi pada variasi pemasangan HCS dengan temperatur pipa katalis 100°C, yaitu 67,184% dengan konsentrasi 2,145% vol.

Penurunan emisi gas CO dikarenakan oleh campuran udara dan bahan bakar yang semakin kurus. Meningkatnya nilai lamda dikarenakan oleh pengaturan suplai udara pada karburator yang semakin tinggi, sehingga berbeda dengan pengaturan suplai udara pada karburator dengan variasi tanpa pemasangan HCS. Hal ini disebabkan oleh pengkondisian putaran mesin agar stabil (stasioner), dengan konsentrasi emisi gas buang yang paling rendah sesuai dengan prosedur pengujian.

Analisis Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂)

Berdasarkan hasil pengolahan data hasil pengujian emisi gas karbon dioksida (CO₂), rata-rata konsentrasi emisi gas CO₂ ditunjukkan pada Gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 9. Grafik Rata-Rata Konsentrasi Emisi Gas CO₂

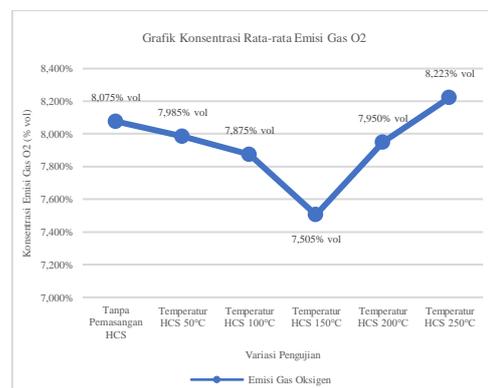
Konsentrasi emisi gas karbon dioksida (CO₂) menunjukkan secara langsung status proses pembakaran yang berlangsung. Semakin tinggi konsentrasi emisi gas CO₂,

maka proses pembakaran yang berlangsung semakin baik [6]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, pemasangan HCS dapat meningkatkan konsentrasi emisi gas CO₂.

Peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas CO₂ pada temperatur pipa katalis HCS 50°C, 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C masing-masing sebesar 13,564%, 32,727%, 8,000%, 6,764% dan 9,709%. Peningkatan konsentrasi rata-rata emisi gas CO₂ terbesar terjadi pada variasi pemasangan HCS dengan temperatur pipa katalis 100°C, yaitu 33% dengan konsentrasi 9,125% vol.

Analisis Emisi Gas Oksigen (O₂)

Berdasarkan hasil pengolahan data hasil pengujian emisi gas oksigen (O₂), rata-rata konsentrasi emisi gas O₂ ditunjukkan pada Gambar 10 sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Rata-Rata Konsentrasi Emisi Gas O₂

Konsentrasi emisi gas oksigen yang tinggi merupakan penyebab meningkatnya konsentrasi senyawa NO_x [6]. Konsentrasi emisi gas O₂ dalam kondisi normal adalah sekitar 1,2% atau lebih kecil [9]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, pemasangan HCS dengan temperatur pipa katalis HCS 50°C, 100°C, 150°C dan 200°C dapat menurunkan konsentrasi emisi gas O₂, sedangkan pada temperatur pipa katalis 250°C cenderung meningkatkan emisi gas O₂.

Peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas O₂ hanya terjadi pada temperatur pipa katalis 250°C, yaitu sebesar 1,827%. Meningkatnya konsentrasi emisi gas O₂ dalam hal ini dapat disebabkan oleh temperatur yang terlalu tinggi masuk ke dalam ruang bakar [6]. Tingginya temperatur tersebut disebabkan oleh pemanasan uap bahan bakar oleh pipa katalis menggunakan

kawat nikelin (*heater*), yang kemudian dialirkan menuju intake manifold.

Pemasangan HCS pada temperatur pipa katalis 50°C, 100°C, 150°C dan 200°C dapat menurunkan rata-rata konsentrasi emisi gas O₂, masing-masing sebesar 1,115%, 2,477%, 7,059% dan 1,548%. Penurunan konsentrasi rata-rata emisi gas O₂ terbesar terjadi pada variasi pemasangan HCS dengan temperatur pipa katalis 150°C, yaitu 7,059% dengan konsentrasi 7,505% vol. Penurunan emisi gas O₂ mengindikasikan terjadinya penurunan emisi gas NO_x.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemasangan HCS berpengaruh terhadap AFR aktual yang terjadi pada kendaraan uji. Pada putaran mesin 1500 rpm, pemasangan HCS pada temperatur pipa katalis 100°C dapat memperbaiki AFR aktual mendekati stoikiometri, yaitu 19,11:1. Pada putaran mesin 2000 rpm, AFR aktual mendekati stoikiometri diperoleh dengan pemasangan HCS pada temperatur pipa katalis HCS 200°C, yaitu 18,94:1. Pada putaran mesin 2500 rpm dan 3000 rpm, pemasangan HCS cenderung memperburuk AFR aktual yang terjadi pada kendaraan uji.
2. Pemasangan HCS berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi rata-rata emisi gas HC, dengan peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas HC terbesar terjadi pada temperatur pipa katalis 250°C, yaitu 121,773% dengan konsentrasi 1069,50 ppm vol.
3. Pemasangan HCS berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi rata-rata emisi gas CO, dengan penurunan rata-rata konsentrasi emisi gas CO terbesar terjadi pada temperatur pipa katalis 100°C, yaitu 67,184% dengan konsentrasi 2,145% vol.
4. Pemasangan HCS berpengaruh terhadap peningkatan konsentrasi rata-rata emisi gas CO₂, dengan peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas CO₂ terbesar terjadi pada temperatur pipa katalis 100°C, yaitu 32,727% dengan konsentrasi 9,125% vol.
5. Pemasangan HCS berpengaruh terhadap penurunan dan peningkatan konsentrasi rata-rata emisi gas O₂.

Penurunan rata-rata konsentrasi emisi gas O₂ terjadi pada temperatur pipa katalis 50°C, 100°C, 150°C dan 200°C, dengan penurunan terbesar pada temperatur pipa katalis 150°C yaitu 7,059% dengan konsentrasi 7,505% vol. Sedangkan peningkatan rata-rata konsentrasi emisi gas O₂ terjadi pada temperatur pipa katalis 250°C, yaitu 1,827% dengan konsentrasi emisi gas O₂ sebesar 8,223% vol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Kristanto, *Motor Bakar Torak (Teori dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Andi Offset, 2015.
- [2] ESDM, *Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik*. Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017.
- [3] ESDM, *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2016*. Jakarta: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017.
- [4] R. Safira, W. Ruslan, dan O. T. Swan, "Experimental Case Study on the Impact of the Implementation of Hydrocarbon Crack System with Bioethanol or RON 92 Gasoline as an Addition on the Performance of a Toyota Corolla TwinCam AE92," *Int. J. Applied Eng. Res.*, vol. 13, no. 2, hal. 1442–1449, 2018.
- [5] J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: Mc.Graw Hill, 1998.
- [6] L. Ahmaddani, "Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Kinerja Mesin Otto Berbahan Bakar Pertamina," Universitas Indonesia, 2009.
- [7] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006, "Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama," 2006.
- [8] Anton, "Perbandingan Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar

Bensin dan LPG dengan Konverter Kit Dual Fuel sebagai Pengatur LPG pada Motor Bermesin 150 cc,” Universitas Negeri Semarang, 2013.

- [9] F. Abdillah, “Pengembangan Prototipe Alat Penghemat Bahan Bakar Sepeda Motor Dengan Tambahan Uap Pretamax Menggunakan Metode Hydrocarbon Crack System,” *J. Gardan*, vol. 4, no. 2, hal. 117–131, 2014.