

## **Pengaruh Variasi Kandungan Logam Tembaga Berlapis Mangan Sebagai Katalis Pada Knalpot Suzuki Satria FU 150 Terhadap konsentrasi polutan CO dan HC**

**Maludi Abani Kahfi**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: maludiabanikahfi@gmail.com

**Iskandar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: quicktrick.bs@gmail.com

### **Abstrak**

*Catalytic converter* merupakan alat yang digunakan sebagai kontrol emisi gas buang yang diletakkan setelah *exhaust manifold* pada sistem pembuangan kendaraan bermotor. Sistem *catalytic converter* yang dimaksud yaitu dengan memanaskan kembali gas sisa hasil pembakaran yang dibuang pada ujung knalpot dengan memanfaatkan panas dari ruang bakar pada kendaraan tersebut. Gas – gas beracun dari jutaan knalpot setiap harinya menimbulkan masalah karena berdampak pada penurunan kualitas udara. Saat ini diperlukan kendaraan bermotor yang ramah lingkungan atau rendah emisi. Penggunaan *catalytic converter* adalah salah satu tindakan yang bisa dilakukan. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tentang aplikasi penggunaan katalis berbahan logam tembaga berlapis mangan sebagai salah satu upaya untuk meminimalkan polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Obyek penelitian adalah motor Suzuki Satria FU 150. Analisis data menggunakan metode deskriptif. Instrumen penelitian yang digunakan adalah *exhaust gas analyzer*, *oil temperature meter*, *rpm counter*, *chassis dynamometer*, *digital pocket scale*, gelas ukur. Dari penelitian eksperimen ini didapatkan hasil terbaik reduksi emisi CO tertinggi pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr yaitu sebesar 59,95% pada lambda 1,360 dengan putaran mesin rendah 3000 rpm dan temperatur 210°C jika dibandingkan dengan knalpot standar. Hal ini disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic converter* berbahan logam tembaga berlapis mangan yang sudah mampu mereduksi emisi CO. Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> tertinggi pada pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr yaitu sebesar 19,71% pada lambda 0,755 putaran mesin rendah 2500 rpm dan temperatur 225°C jika dibandingkan dengan knalpot standar. Terjadinya peningkatan emisi CO<sub>2</sub> pada putaran mesin rendah disebabkan karena konsentrasi emisi CO menurun. Reduksi emisi HC tertinggi pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr yaitu sebesar 73,97% pada lambda 1,219 dengan putaran mesin rendah 2.000 rpm dan temperatur 220°C jika dibandingkan dengan knalpot standar. Hal ini disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic converter* berbahan logam tembaga berlapis mangan yang mampu mengendalikan emisi gas buang kendaraan bermotor dengan cara mengonversikan emisi HC menjadi H<sub>2</sub>O.

**Kata kunci** : *Catalytic converter*, katalis, tembaga, mangan, dan emisi gas buang

### **Abstract**

*Catalytic Converter is a device as an exhaust emission control that placed following by exhaust manifold on the exhaust system of vehicles. This Catalytic Converter system works by reheating the residual gas of combustion process by using the heat from combustion chamber on its vehicles. The toxins of millions exhaust gas every day caused the problem in decreasing of air quality. In this time, there is need of required on using the low emission of vehicles. The Catalytic Converter usage is one of the solution that can be done, therefore the authors do the research about using catalyst which made of copper metal coated with manganese as an attempts to minimize air pollution of vehicles. This research that be used is experimental research. Object of this research is Suzuki Satria FU 150 motorcycle. The collected research data will be analyzed using descriptive methods. The Research instruments are exhaust gas analyzer, oil temperature meter, rpm counter, chassis dynamometer, digital pocket scale, and beaker glass. The results of this research were had 59,95% of 1,360 lambdas as the highest values of CO reduction which has been obtained in 3rd of experimental group by using in catalytic which contained 200gr of manganese metal. This result has been obtained at 3000 of low rotation per minute (rpm) of engine speed and 210°C of engine works temperature. All of that values was compared by the stock conditions of exhaust system. This reduction caused by metallic of technology which made by copper plated metal manganese that able in reduction of CO emissions. 19,71 % of 0,755 lambdas as the highest value of CO<sub>2</sub> enhancement which has been obtained in 1st experimental group by using the catalytic which contained 100gr of manganese metal. This result has been obtained at 2500 of rpm and 225°C of engine works temperature. All of that values was compared by the stock conditions*

## Pengaruh Variasi Kandungan Logam Tembaga Berlapis Mangan

of exhaust system. The enhancements of CO<sub>2</sub> emission on low rpm caused by decreased of CO emission concentrates. The 73,97% of 1,219 lambdas as the highest value of HC reduction which has been obtained in 2nd experimental group by using the catalytic which contained 150 gr of manganese metal. This result has been obtained at 2000 of rpm and 220°C of engine works temperature. All of that values was compared by the stock conditions of exhaust system. This things caused by the technologies such as metallic catalytic converter which made by copper plated metal manganese that able to reduction the exhaust gas of vehicle. The exhaust gas was reduced by converting the HC emission to H<sub>2</sub>O.

**Keyword** : Catalytic converter, catalytic, cooper, manganese, and exhaust emission

### PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor berdampak juga terhadap peningkatan polusi udara, gas buang yang di hasilkan dari sisa pembakaran bersifat beracun dan mencemari lingkungan. Gas – gas beracun dari jutaan knalpot setiap harinya menimbulkan masalah karena berdampak pada penurunan kualitas udara. Oleh karena itu, diperlukan kendaraan bermotor yang ramah lingkungan atau rendah emisi.

Dari berbagai macam upaya meminimalkan polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor tersebut, salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mereduksi emisi gas buang adalah dengan pemasangan alat bantu tambahan yang dipasang pada sistem saluran pembuangan emisi gas dengan menggunakan konsep *catalytic converter*. Sistem *catalytic converter* yang dimaksud yaitu dengan memanaskan kembali gas sisa hasil pembakaran yang dibuang pada ujung knalpot dengan memanfaatkan panas dari ruang bakar pada kendaraan tersebut. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai *catalytic converter* untuk mereduksi kadar gas buang adalah tembaga dan mangan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Warju (2006), disimpulkan bahwa penggunaan katalis tembaga (Cu) berlapis mangan (Mn) mampu menurunkan kadar CO sebesar 91,03% dan kadar HC sebesar 74,61%. Penelitian ini dilakukan pada sepeda motor Honda Karisma X 125D tahun perakitan 2005. Namun kekurangan dari penelitian ini adalah pelapisan mangan (Mn) ke permukaan tembaga (Cu) dalam penelitian ini dilakukan dengan cara disemprot (*spray*) dengan campuran lem perekat khusus. Dari hasil penelitian juga ditunjukkan mangan mulai terbakar di atas temperatur 340°C, sehingga perlu dicarikan alternatif pelapisannya agar lebih optimal kinerja katalisnya.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Irawan (2012), disimpulkan bahwa penggunaan katalis tembaga berlapis mangan mampu menurunkan emisi gas buang karbon monoksida (CO) sebesar 77%. Penelitian ini dilakukan pada mesin *engine Stand* Toyota 1500 cc. Namun kekurangan dari penelitian ini adalah *back pressure* yang terlalu besar karena desain katalis itu sendiri.

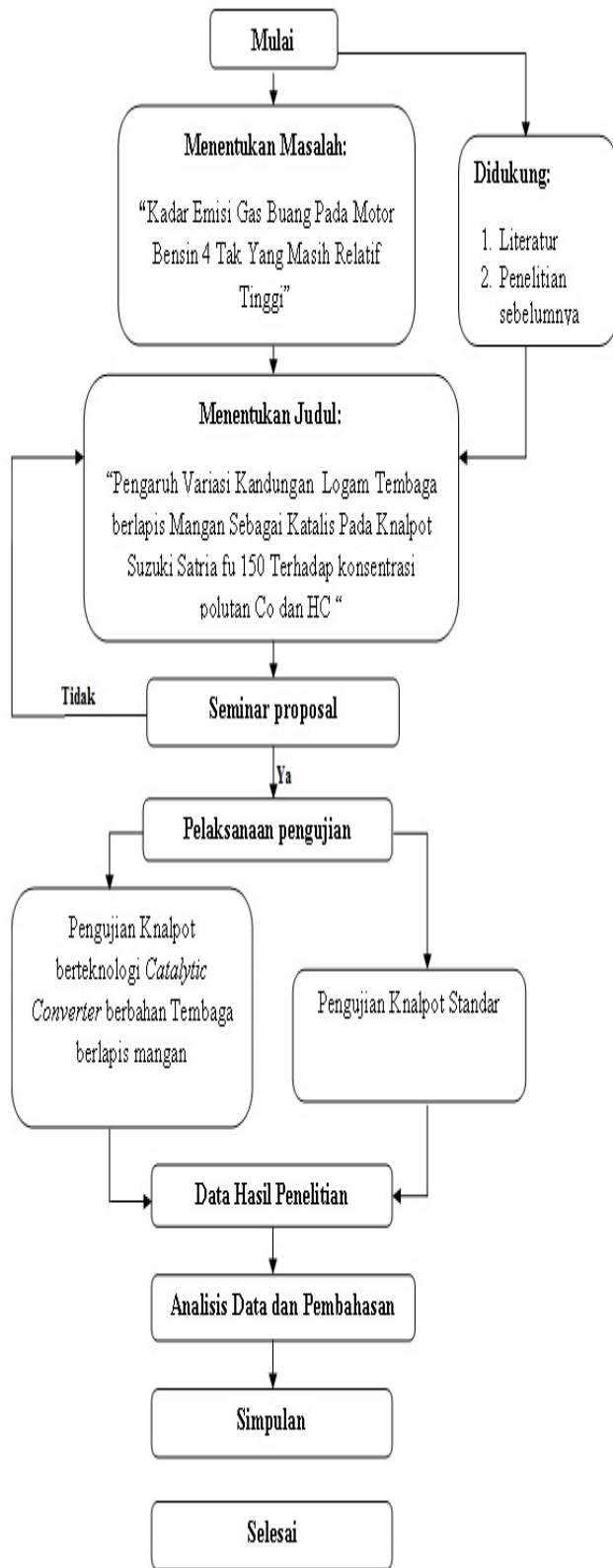
Dari hasil penelitian tersebut, penulis ingin melakukan penelitian yang sejenis dengan menggunakan tembaga

berlapis mangan sebagai katalis. Karena mangan adalah logam transisi yang paling aktif dan memiliki tingkat pereduksi yang tinggi. Tembaga berlapis mangan sebagai bahan katalis akan diterapkan pada kendaraan Suzuki Satria FU 150 sebagai objek penelitian. Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan logam tembaga berlapis mangan sebagai katalis pada knalpot Suzuki satria FU 150 terhadap konsentrasi polutan CO CO<sub>2</sub> dan HC. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah Sebagai upaya untuk menurunkan emisi gas buang pada kendaraan Suzuki Satria FU 150. Ditemukannya katalis berbahan tembaga berlapis mangan yang dapat menurunkan emisi gas buang pada kendaraan Suzuki Satria FU 150 secara optimal. Memberikan wawasan kepada masyarakat tentang kelebihan dan kekurangan pengaruh variasi kandungan logam tembaga berlapis mangan sebagai katalis pada knalpot Suzuki Satria FU 150 terhadap konsentrasi polutan CO, CO<sub>2</sub>, dan HC.

### METODE

#### Rancangan Penelitian

Untuk memecahkan masalah-masalah dalam penelitian ini, maka peneliti juga perlu menempuh langkah-langkah rancangan penelitian yaitu sebagai berikut.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas (*stimulus variable*)**  
Variabel bebas merupakan kondisi-kondisi atau karakteristik-karakteristik yang oleh peneliti

dimanipulasi dalam rangka untuk menerangkan hubungannya dengan fenomena yang diobservasi. Variabel ini disebut variabel pengaruh, sebab berfungsi mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah knalpot standar mesin Suzuki Satria FU 150 tahun 2010 dan knalpot modifikasi yang telah didesain ulang bentuk *muffler*-nya dengan menggunakan teknologi *catalytic converter*.

- **Variabel Terikat (*dependent variable*)**  
Variabel terikat merupakan kondisi atau karakteristik yang berubah atau muncul ketika penelitian mengintroduksi, mengubah atau mengganti variabel bebas. Variabel ini dipengaruhi oleh variabel lain, karenanya juga disebut variabel yang dipengaruhi atau variabel terpengaruh. Variabel terikat pada penelitian ini adalah emisi gas buang kendaraan bermotor. Untuk emisi gas buang yang dilihat adalah emisi karbon monoksida (CO), oksigen (O<sub>2</sub>) karbondioksida (CO<sub>2</sub>), dan hidrokarbon (HC) yang keluar dari knalpot.
- **Variabel Kontrol**  
Variabel kontrol merupakan variabel yang membatasi (sebagai kendali) atau mewarnai variabel moderator (penengah). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
  - Variasi kandungan logam tembaga berlapis mangan yaitu 100 gr, 150 gr, 200 gr.
  - Temperatur oli saat pengujian  $\geq 60^{\circ}$  C.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat ukur dan alat uji yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian. Instrumen alat ukur yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

- *Exhaust gas analyzer*.  
*Exhaust gas analyzer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar polutan gas buang yang merupakan hasil dari proses pembakaran mesin.
- *Chassis Dynamometer*  
*Chassis dynamometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi yang dihasilkan oleh mesin.
- *Rpm Counter* dan *Oil Temperature Meter*.  
*Rpm Counter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur putaran yang dihasilkan mesin. *Oil Temperature Meter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur mesin.
- *Digital Pocket Scale*  
*Digital Pocket Scale* adalah alat untuk mengetahui berat/massa.
- *Beaker Glass*  
*Beaker Glass* adalah alat untuk mengukur, mencampur cairan.

Metode Pengujian

Pengukuran emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005. Metode ini dilakukan dengan kondisi

# Pengaruh Variasi Kandungan Logam Tembaga Berlapis Mangan

putaran *idle*, namun sebagai penelitian dapat dilakukan pengujian bukaan katup *throttle* yang berubah. Metode ini termasuk dalam pengujian beban sebagian (*part-load*), karena pengujian dilakukan dibawah kondisi *throttle* sebagian beban jalan.

## Prosedur Pengujian

- Persiapan pengujian emisi gas buang:
  - Pemeriksaan kekencangan tali pengikat *body* sepeda motor.
  - Pengecekan pada pipa gas buang (tidak terdapat kebocoran).
  - Mematikan semua peralatan tambahan kendaraan.
  - Menyiapkan alat ukur uji emisi kendaraan sesuai standar ISO 3930/OIML R-99 dan memiliki sertifikasi kalibrasi yang berlaku.
  - Menyiapkan alat pendukung lain yaitu: sensor putaran mesin, *chassis dynamometer*, dan *blower*.
  - Memberi isolasi pada sambungan dan lubang pada knalpot agar tidak ada pemsukan udara pada sistem pembuangan.
  - Melakukan kalibrasi *exhaust gas analyzer*.
  - Menghidupkan *software inersia chasis dynamometer* (sport dyno 33).
- Pengujian emisi gas buang:
  - Menghidupkan mesin dan menjaga posisi *temperature* mesin  $60^{\circ}$ .
  - Gigi transmisi pada posisi netral.
  - Memasukkan *probe* alat uji ke pipa gas buang sedalam 30 cm lalu tunggu 20 detik untuk pengambilan data konsentrasi gas CO dan CO<sub>2</sub> dalam satuan persen (% vol), dan HC dalam satuan ppm yang terukur pada alat uji.
  - Mencetak print atau hasil uji.
  - Memposisikan gigi transmisi pada posisi gigi transmisi (6 *top gear*).
  - Melakukan akselerasi pada mesin hingga mencapai putaran 9.500 rpm dan mencetak hasil uji emisi gas buang pada putaran tersebut saat datanya mulai stabil.
  - Melakukan pengukuran emisi gas buang pada putaran 1500 – 9500 rpm.
  - Menurunkan putaran mesin sampai *idle*.
  - Memposisikan transmisi pada posisi netral.
  - Melakukan percobaan untuk kelompok standar dan eksperimen.
  - Pengujian dan pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing kondisi.
- Akhir pengujian:
  - Putaran mesin diturunkan secara perlahan sampai putaran *idle*.
  - Untuk sesaat mesin dibiarkan pada putaran *idle*.
  - Mesin dimatikan.
  - Blower dimatikan.

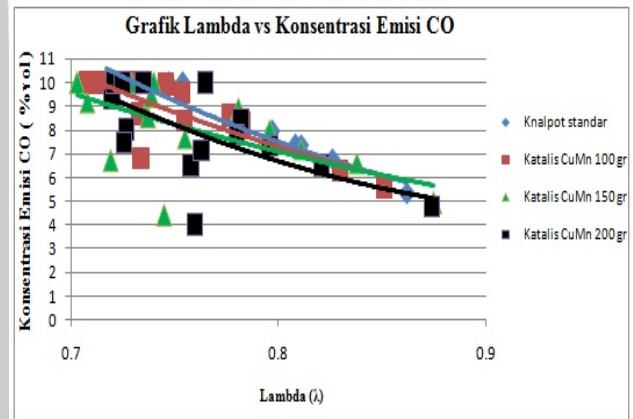
## Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif, yaitu dengan mendeskriptifkan atau menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai realita yang diperoleh selama pengujian. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya dideskriptifkan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti. Hal ini dilaksanakan untuk memberikan gambaran terhadap fenomena yang terjadi setelah diadakan penambahan katalis pada saluran gas buang (knalpot) mesin Suzuki Satria FU 150 tahun 2010.

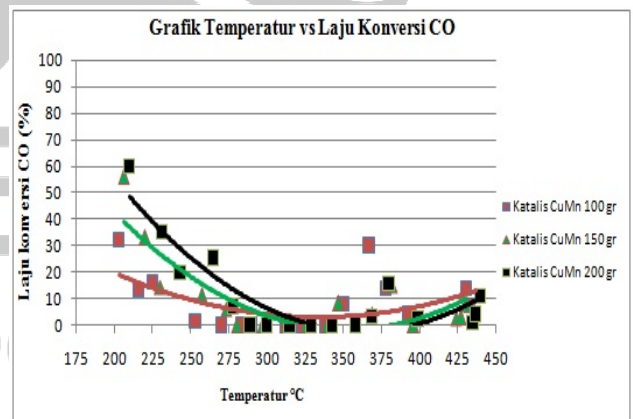
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persentase Reduksi Konsentrasi Emisi Karbon Monoksida (CO)

Data hasil pengujian berupa pengukuran dengan *glossmeter* dimasukkan ke dalam tabel. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian tersebut.



Gambar 2. Hubungan Antara Lambda Terhadap Konsentrasi CO.



Gambar 3. Hubungan Antara Temperatur Terhadap Laju Konversi CO.

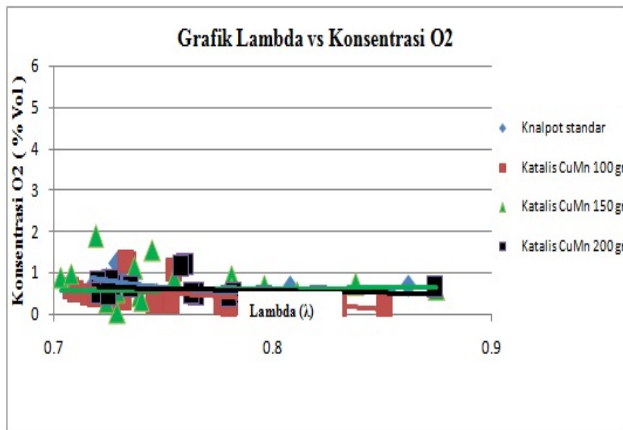
Penurunan tertinggi CO terjadi pada pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr yaitu sebesar 59,95% pada putaran mesin *idle*. Terjadinya penurunan emisi CO pada putaran mesin menengah disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic*



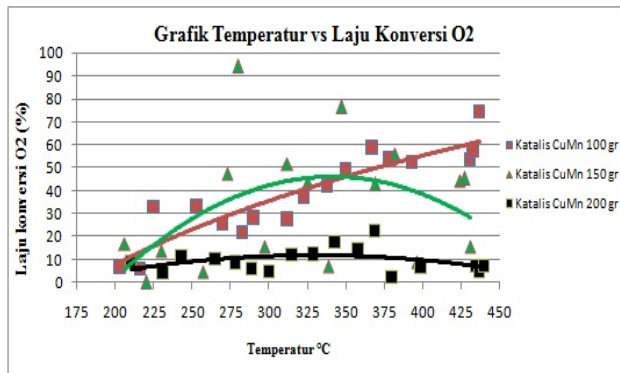
converter berbahan logam tembaga berlapis mangan yang sudah mampu mereduksi emisi CO karena suhu yang sudah mencapai di atas 300°C.

Hubungan dengan lambda, pada lambda lebih dari 1 ( $\lambda > 1$ ), mengindikasikan campuran yang kekurangan bahan bakar. Sehingga pada proses pembakaran akan kelebihan oksigen dan pembakaran menghasilkan gas CO yang kurang. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.6 untuk knalpot standar dengan lambda 0,732–0,731 menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 9,99 % vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan lambda 0,734–0,720 menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 8,41 % vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan lambda 0,745–0,737 menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 6,54 % vol, Untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan lambda lambda 0,760–0,726 menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 6,48 % vol. Dengan demikian dapat diketahui bahwa jika dibandingkan dengan knalpot standar, knalpot eksperimen lebih sedikit menghasilkan CO karena adanya katalis didalamnya.

Untuk mengetahui seberapa besar persentase reduksi konsentrasi oksigen O<sub>2</sub> dengan menggunakan muffler dengan variasi kandungan logam tembaga berlapis mangan pada muffler kelompok eksperimen sepeda motor Suzuki Satria FU 150, dapat dilihat



Gambar 4. Hubungan Antara Lambda Terhadap Konsentrasi O<sub>2</sub>.



Gambar 5. Hubungan Antara Temperatur Terhadap Laju Konversi O<sub>2</sub>.

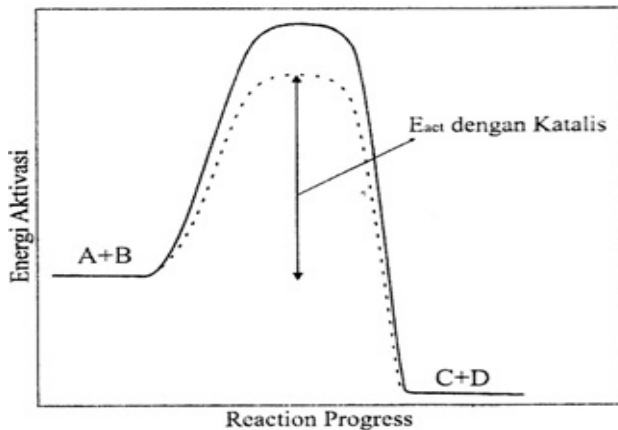
Pada putaran mesin *idle*, emisi O<sub>2</sub> mengalami penurunan emisi sebesar 6,81% pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr mengalami peningkatan sebesar 16,66% pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr mengalami peningkatan sebesar 9,09%.

Penurunan tertinggi O<sub>2</sub> terjadi pada pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr yaitu sebesar 74,28% pada putaran mesin tinggi (9.500 rpm). Terjadinya penurunan emisi O<sub>2</sub> pada putaran mesin tinggi disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic converter* berbahan logam tembaga berlapis mangan yang lebih sedikit menghasilkan O<sub>2</sub> karena dimanfaatkan katalis untuk proses reaksi.

Hubungan dengan lambda, pada lambda kurang dari 1 ( $\lambda < 1$ ), mengindikasikan campuran yang kelebihan bahan bakar. Sehingga pada proses pembakaran akan kekurangan oksigen dan pembakaran menghasilkan gas O<sub>2</sub> yang sedikit. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.8 untuk knalpot standar dengan lambda 0,731–0,732 menghasilkan kadar emisi O<sub>2</sub> rata-rata 1,05% vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan lambda 0,734–0,720 menghasilkan kadar emisi O<sub>2</sub> rata-rata 1,03% vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan lambda 0,745–0,737 menghasilkan kadar emisi O<sub>2</sub> rata-rata 1,50% vol, Untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan lambda lambda 0,760–0,727 menghasilkan kadar emisi O<sub>2</sub> rata-rata 1,02% vol. Dengan demikian dapat diketahui bahwa jika dibandingkan dengan knalpot standar, knalpot eksperimen lebih sedikit menghasilkan O<sub>2</sub> karena dimanfaatkan katalis berbahan logam tembaga berlapis mangan untuk proses oksidasi.

Hubungannya dengan temperatur, untuk mengindikasikan suhu katalis sudah mencapai titik untuk mengaktivasi proses reaksi kimia gas buang yang mengalir dipermukaan katalis. Sehingga kadar emisi CO dapat menurun secara optimal karena sudah tercapainya suhu aktivasi sehingga proses oksidasi dari CO + ½ O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> menjadi lebih cepat tercapai. Akibatnya, terjadi reduksi konsentrasi emisi CO yang cukup signifikan hampir di setiap putaran mesin jika dibandingkan dengan knalpot standar.

## Pengaruh Variasi Kandungan Logam Tembaga Berlapis Mangan



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Antara Energi Aktivasi Dengan Reaction Progress

Kadar emisi CO terhadap perubahan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.7 di atas. Untuk knalpot standar dengan temperatur 72,2–310,8°C menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 9,09% vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan temperatur 203–437°C menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 8,83% vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan temperatur 206–431°C menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 8,22% vol, untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan temperatur 210–440°C menghasilkan kadar emisi CO rata-rata 8,06% vol.

Dari data dan gambar di atas dapat dilihat bahwa pada saat campuran kaya (kekurangan udara) emisi gas buang CO cenderung naik, hal ini dikarenakan atom karbon (C) yang berasal dari bahan bakar kekurangan oksigen yang berasal dari udara untuk berkaitan dan berubah menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Sedangkan pada kondisi campuran miskin (kelebihan udara) konsentrasi CO berbanding lurus dengan campuran bahan bakar dan udara. Konsentrasi CO akan turun karena oksigen yang berasal dari udara cukup untuk memenuhi reaksi dengan karbon membentuk CO<sub>2</sub>. Untuk mengoksidasi CO (tanpa katalis) dibutuhkan temperatur di atas 700°C. Pada motor bensin temperatur gas buang dapat bervariasi antara 300°C sampai 400°C pada putaran idle, hingga mencapai 900°C pada putaran tinggi. Temperatur yang umumnya terjadi adalah 400°C sampai 600°C (Heywood dalam warju, 2013:70). Dari hasil eksperimen temperatur gas buang yang keluar mencapai 440°C, hal ini di sebabkan adanya katalis untuk mempersingkat laju reaksi.

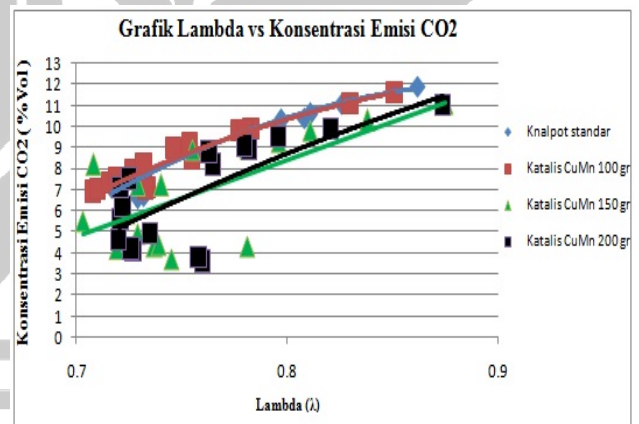
Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tanggal 1 Agustus 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor bahwa untuk motor 4 langkah tahun 2010 kadar emisi CO adalah 4,5 % vol dan HC adalah 2000 ppm pada putaran idle.

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter CO (%)	Metode Uji	CO Knalpot standar (%)	CO Knalpot eksperimen dengan catalytic converter CuMn (%)		
					100 gr	150 gr	200 gr
4 Langkah	2010	4,5	Idle	9,99	6,79	4,4	4
Keterangan				Tidak Lulus	Tidak Lulus	Lulus	Lulus

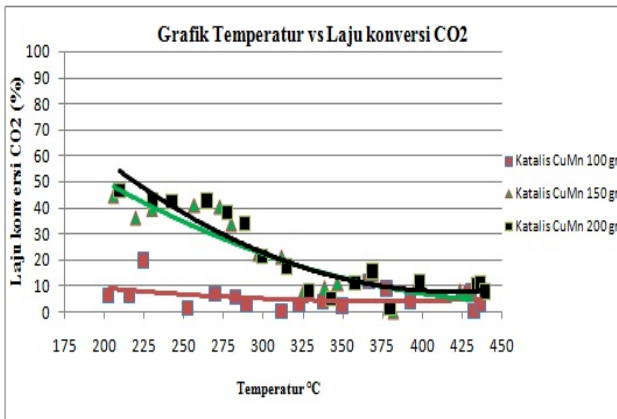
**Tabel 1.** Ambang Batas Gas Buang CO

Berdasar table 1 di dapatkan hasil bahwa knalpot standar dengan kadar emisi CO 9.9 % vol dan knalpot dengan katalis dengan menggunakan kandungan mangan 100 gr melewati ambang batas yang telah di tentukan oleh pemerintah. Sedangkan knalpot dengan katalis dengan menggunakan kandungan mangan 150 gr, dan 200 gr telah memenuhi baku mutu emisi yang telah di tetapkan pemerintah.

### Persentase Peningkatan Konsentrasi Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)



**Gambar 7.** Hubungan Antara Temperatur Terhadap Laju Konversi CO<sub>2</sub>.



**Gambar 8.** Hubungan Antara Temperatur Terhadap Laju Konversi CO<sub>2</sub>.

Pada putaran mesin *idle*, CO<sub>2</sub> mengalami peningkatan sebesar 5,97% pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr, pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr mengalami penurunan sebesar 44,77% pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr mengalami penurunan sebesar 46,26%. Terjadinya peningkatan emisi CO<sub>2</sub> pada putaran mesin rendah disebabkan karena konsentrasi emisi CO menurun.

Pada putaran mesin menengah (7500 rpm) peningkatan tertinggi CO<sub>2</sub> terjadi pada pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr yaitu sebesar 8,88%. Terjadinya peningkatan emisi CO<sub>2</sub> pada putaran mesin menengah disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic converter* berbahan dasar plat tembaga berlapis mangan yang mampu mengendalikan emisi gas buang kendaraan bermotor dengan cara mengonversikan emisi CO menjadi CO<sub>2</sub> pada temperatur di atas 300°C.

Hubungan dengan lambda, pada lambda kurang dari 1 ( $\lambda < 1$ ), mengindikasikan campuran yang kelebihan bahan bakar. Sehingga pada proses pembakaran akan kekurangan oksigen dan pembakaran menghasilkan gas CO<sub>2</sub> yang sedikit. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.11 untuk knalpot standar dengan lambda 0,731–0,732 menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 6,92 % vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan lambda 0,716–0,732 menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 7,72 % vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan lambda 0,737–0,745 menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 4,06 % vol, Untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan lambda lambda 0,726–0,760 menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 3,92 % vol. Dengan demikian dapat diketahui bahwa jika dibandingkan dengan knalpot standar, knalpot eksperimen lebih banyak

menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> karena adanya katalis didalamnya.

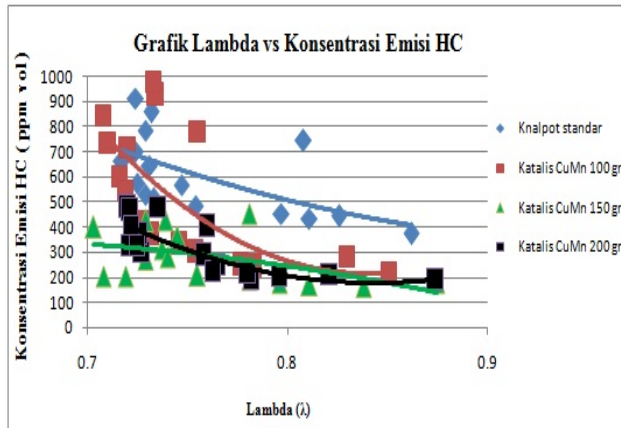
Hubungannya dengan temperatur, untuk mengindikasikan suhu katalis sudah mencapai titik untuk mengaktivasi proses reaksi kimia gas buang yang mengalir dipermukaan katalis. Sehingga kadar emisi CO<sub>2</sub> dapat meningkat secara optimal karena sudah tercapainya suhu aktivasi  $\text{CO} \rightarrow + \frac{1}{2} \text{O}_2$  CO<sub>2</sub>, dimana suhu normal terbentuknya emisi CO<sub>2</sub> tanpa katalis sekitar 600°C. Kadar emisi CO<sub>2</sub> terhadap perubahan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.12 di atas. Untuk knalpot standar dengan temperatur 72,2–310,8°C menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 8,54% vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan temperatur 203–437°C menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 8,54% vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan temperatur 206–431°C menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 6,95% vol, untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan temperatur 210–440°C menghasilkan kadar emisi CO<sub>2</sub> rata-rata 6,88% vol.

Dari data dan gambar di atas dapat dilihat bahwa pada saat campuran kaya (kekurangan udara) emisi gas buang CO<sub>2</sub> cenderung naik, hal ini dikarenakan atom karbon (C) yang berasal dari bahan bakar kelebihan oksigen yang berasal dari udara untuk berkaitan. Sedangkan pada kondisi campuran miskin (kelebihan udara) konsentrasi CO<sub>2</sub> akan naik karena oksigen yang berasal dari udara cukup untuk memenuhi reaksi dengan karbon untuk membentuk CO<sub>2</sub> itu sendiri. Dalam warju, 2013:17 CO<sub>2</sub> terbentuk apabila karbon (C) di dalam bahan bakar terbakar habis dengan sempurna  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ . Untuk mengoksidasi CO (tanpa katalis) dibutuhkan temperatur di atas 700°C. Pada motor bensin temperatur gas buang dapat bervariasi antara 300°C sampai 400°C pada putaran *idle*, hingga mencapai 900°C pada putaran tinggi. Temperatur yang umumnya terjadi adalah 400°C sampai 600°C (Heywood dalam warju, 2013:70). Dari hasil eksperimen temperatur gas buang yang keluar mencapai 440°C, hal ini di sebabkan adanya katalis untuk mempersingkat laju reaksi.

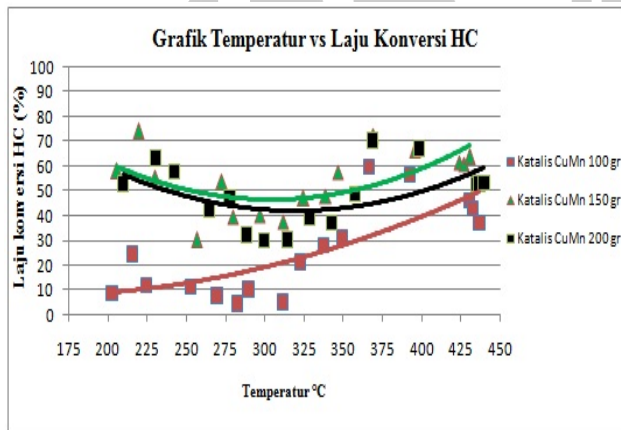


## Pengaruh Variasi Kandungan Logam Tembaga Berlapis Mangan

### Persentase Reduksi Konsentrasi Emisi Hidrokarbon (HC)



Gambar 9. Hubungan Antara Temperatur Terhadap Laju Konversi HC.



Gambar 10. Hubungan Antara Temperatur Terhadap Laju Konversi HC.

Pada putaran mesin *idle*, HC mengalami peningkatan sebesar 8,28% pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr penurunan sebesar 55,75% pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr mengalami penurunan sebesar 52,74%.

Pada putaran mesin menengah (7500 rpm) penurunan emisi tertinggi HC terjadi pada pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr yaitu sebesar 66,72%. Terjadinya penurunan emisi HC pada putaran mesin menengah disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic converter* berbahan logam tembaga berlapis mangan yang mampu mengendalikan emisi gas buang kendaraan bermotor dengan cara mengonversikan emisi HC menjadi H<sub>2</sub>O pada temperatur di atas 300°C.

Hubungan dengan lambda, pada lambda kurang dari 1 ( $\lambda < 1$ ), mengindikasikan campuran yang kelebihan bahan bakar. Sehingga pada proses

pembakaran akan kekurangan oksigen dan pembakaran menghasilkan gas HC yang berlebihan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk knalpot standar dengan lambda 0,725–0,808 menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 567,6 ppm vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan lambda 0,719–0,754 menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 393,4 ppm vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan lambda 0,724–0,755 menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 263,8 ppm vol, Untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan lambda lambda 0,722–0,763 menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 303,6 ppm vol. Dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan knalpot standar, knalpot eksperimen lebih sedikit menghasilkan emisi HC karena adanya katalis didalamnya.

Hubungannya dengan temperatur, untuk mengindikasikan suhu katalis sudah mencapai titik untuk mengaktivasi proses reaksi kimia gas buang yang mengalir dipermukaan katalis. Sehingga kadar emisi HC dapat menurun secara optimal karena sudah tercapainya suhu aktivasi  $2\text{HC} + 2\frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , dimana suhu normal terbentuknya emisi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> tanpa katalis 600°C. Kadar emisi HC terhadap perubahan temperatur dapat dilihat pada tabel 4.14 di atas. Untuk knalpot standar dengan temperatur 72,2–310,8°C menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 609,41 ppm vol. Untuk eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr dengan temperatur 203–437°C menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 515,64 ppm vol, untuk eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr dengan temperatur 206–431°C menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 280,29 ppm vol, untuk eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr dengan temperatur 210–440°C menghasilkan kadar emisi HC rata-rata 312,64 ppm vol.

Dari data dan gambar di atas dapat dilihat bahwa Apabila campuran kurus, maka konsentrasi HC menjadi naik seperti terlihat pada gambar 2.9. Hal ini disebabkan kurangnya pasokan bahan bakar sehingga menyebabkan rambatan bunga api menjadi lambat dan bahan bakar akan segera keluar sebelum terbakar dengan sempurna, dan juga pada kondisi kaya konsentrasi HC akan naik akibat adanya bahan bakar yang belum bereaksi dengan udara yang dikarenakan pasokan udara tidak cukup untuk bereaksi menjadi sempurna, sehingga ada sebagian hidrokarbon yang keluar pada saat proses pembuangan (Warju, 2009:115). HC dapat teroksidasi pada fase gas (tanpa katalis) pada temperatur di atas 600°C. Pada motor bensin temperatur gas buang dapat bervariasi antara 300°C sampai 400°C pada putaran *idle*, hingga mencapai 900°C pada putaran tinggi. Temperatur yang umumnya terjadi adalah 400°C sampai 600°C (Heywood dalam warju, 2013:70). Dari hasil



eksperimen temperatur gas buang yang keluar mencapai  $440^{\circ}\text{C}$ , hal ini disebabkan adanya katalis untuk mempersingkat laju reaksi.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tanggal 1 Agustus 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor bahwa untuk motor 4 langkah tahun 2010 kadar emisi CO adalah 4,5 % vol dan HC adalah 2000 ppm pada putaran idle.

Berdasar tabel 4.15 di dapatkan hasil bahwa semua knalpot baik standar maupun yang berkatalis dengan menggunakan kandungan mangan 100 gr, 150 gr, dan 200 gr telah memenuhi baku mutu emisi yang telah ditetapkan pemerintah dan sesuai dengan kajian teori.

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter HC (ppm)	Metode Uji	HC Knalpot standar (ppm)	HC Knalpot eksperimen dengan <i>catalytic converter CuMn</i> (ppm)		
					100 gr	150 gr	200 gr
4 Langkah	2010	2000	Idle	857	928	362	405
Keterangan				Lulus	Lulus	Lulus	Lulus

Tabel 2. Ambang Batas Gas Buang HC

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Penurunan tertinggi CO terjadi pada pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr yaitu sebesar 59,95% pada putaran mesin *idle*. Terjadinya penurunan emisi CO pada putaran mesin menengah disebabkan adanya teknologi *metallic catalytic converter* berbahan logam tembaga berlapis mangan yang sudah mampu mereduksi emisi CO karena suhu yang sudah mencapai di atas  $300^{\circ}\text{C}$ .
- Pada putaran mesin *idle*,  $\text{CO}_2$  mengalami peningkatan sebesar 5,97% pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr, pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr mengalami penurunan sebesar 44,77% pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr mengalami penurunan sebesar 46,26%. Terjadinya peningkatan emisi  $\text{CO}_2$  pada putaran mesin rendah disebabkan karena konsentrasi emisi CO menurun.

- Pada putaran mesin *idle*, HC mengalami peningkatan sebesar 8,28% pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr penurunan sebesar 55,75% pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr mengalami penurunan sebesar 52,74%.
- Pada putaran mesin *idle*, emisi  $\text{O}_2$  mengalami penurunan emisi sebesar 6,81% pada kelompok eksperimen 1 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 100 gr pada kelompok eksperimen 2 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 150 gr mengalami peningkatan sebesar 16,66% pada kelompok eksperimen 3 menggunakan katalis dengan kandungan logam mangan 200 gr mengalami peningkatan sebesar 9,09%.

### Saran

Dari serangkaian kegiatan penelitian dan pengambilan simpulan yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Penelitian lanjutan disarankan untuk meneliti pengaruh variasi kandungan logam tembaga berlapis mangan sebagai katalis terhadap konsentrasi emisi NOx.
- Penelitian lanjutan disarankan untuk memvariasikan diameter lubang, tebal lapisan, tebal plat, dan desain *catalytic converter*.
- Pelapisan mangan (Mn) ke permukaan plat tembaga (Cu) dalam penelitian ini dengan cara dilapiskan dengan penambahan zat asam sebagai pelarut pada bubuk logam mangan lalu dioleskan pada plat tembaga untuk selanjutnya dimasukkan kedalam oven. Dan dari hasil penelitian juga ditunjukkan mangan mulai terlepas dari lapisan plat tembaga di atas temperatur  $300^{\circ}\text{C}$ , sehingga perlu dicarikan alternatif pelapisannya agar kinerja katalis lebih optimal.
- Penelitian lanjutan disarankan untuk memvariasikan komposisi katalis tembaga berlapis mangan dengan katalis yang lain agar didapatkan bahan katalis yang dapat menurunkan kadar emisi gas buang kendaraan bermotor secara signifikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Mangan (Mn): Fakta, Sifat, Kegunaan & Efek Kesehatannya*. (Online). (<http://www.strategic-metal.com/img/1499e3666b801ec767328cc597b6428e.jpg>), diakses 27 April 2014.
- Anonim. 2013. *Tembaga*. (Online). (<http://2.bp.blogspot.com/--uzNQzjPelU/T-KNIIKWLnI/AAAAAAAAAS0/nQ4->

## Pengaruh Variasi Kandungan Logam Tembaga Berlapis Mangan

- 016\_YAc/s1600/plat+tembaga.jpg), diakses 27 April 2014.
- Anonim. 2013. *Baku Mutu Emisi. (Online)*. ([http://langitbiru.menlh.go.id/upload/publikasi/pdf/kepmen\\_05-2006.pdf](http://langitbiru.menlh.go.id/upload/publikasi/pdf/kepmen_05-2006.pdf)), diakses 26 April 2014.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Arisma, Deby. 2010. *Pengaruh Penambahan Reheater Pada Knalpot Terhadap Emisi Gas Buang CO Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2004. (Online)*. (<http://eprints.uns.ac.id/2736/1/172711712201009551.pdf>), diakses 18 September 2013).
- Depkes. 2013. *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. (Online)*. (<http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>), di akses 27 Oktober 2013.
- Heisler, Heinz. 1995. *Advanced Engine Technology*. London: Edward Arnold
- Irawan, Bagus. RM. 2012. *Unjuk Kemampuan catalytic Converter Dengan Material Substrat Kuningan (Paduan CuZn) Untuk Mereduksi gas Buang Motor Bensin. (Online)*. ([http://www.portalgaruda.org/download\\_article.php?article=4740](http://www.portalgaruda.org/download_article.php?article=4740)), diakses 27 Oktober 2013.
- Jenbacher. 1996. *Combustion Engines*.
- Narbuko. C dan Achmadi, H.A. 2005. *Metodologi penelitian*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Obert, Edward F. 1973. *Internal Combustion Engine and Air Pollution* (3<sup>rd</sup> ED). New York: Harper & Publishers, Inc.
- Robert Bosch. (1999) *Gasoline Fuel-Injection System L-Jetronic*
- SNI. 2005. “ Cara Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Kategori L pada kondisi Idle “. SNI 19-7118.3-2005.
- Supadi. dkk. 2010. *Panduan Penulisan Skripsi Program S-I*. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Solikin. 2012. *Prinsip Kerja Motor Dan pengapian. (Online)*. (<http://blog.uny.ac.id/solikin/files/2012/08/>
- Prinsip-Kerja-Motor.pdf, diakses 28 September 2013).
- Tugaswati, A.Tri. 2013. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. (Online)*. ([http://www.kpbb.org/makalah\\_ind/Emisi%20Gas%20Buang%20Bermotor%20%26%20Dampaknya%20Terhadap%20Kesehatan.pdf](http://www.kpbb.org/makalah_ind/Emisi%20Gas%20Buang%20Bermotor%20%26%20Dampaknya%20Terhadap%20Kesehatan.pdf)), diakses 24 Februari 2014.
- Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Warju. 2011. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Warju. I Made Muliatna. (2013). *Otopro Jurnal Teknik Mesin* Vol. 8. No. 2. Halaman 117.
- Warju. 2013. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Wulandari, Ayu. 2014. *Makalah Mangan. (Online)*. (<http://id.scribd.com/doc/55162837/makalah-mangan>), diakses 24 Februari 2014).