

ANALISA PENGARUH KATALIS TEMBAGA PADA KATALYTIK KONVERTER TERHADAP EMISI GAS CARBON MONOKSIDA DAN HIDRO KARBON PADA KENDARAAN MOTOR BENSIN

Mustaqim, Tofik Hidayat, M. Ginta Nur Hidayat

ABSTRACT

The growth of motor vehicles in Indonesia is quite fast to bring the influence of the increased usage of fuel oil, so that the air pollution becomes inevitable. Motor vehicles are the largest source of pollutant emissions and contribute to the Carbon Monoxide of the pollutants that exist, where from year to year pollution levels increased along with the increasing use of motor vehicles. One of the things that can be done by researchers in this application is the installation of emission control technology Catalytic Converters are installed in the exhaust gas channel. Catalytic Converter generally use this type of expensive metal catalysts and rare in the market (Palladium, Platinum and Rhodium). Based on the fact above, so we do by making "Design of Catalytic Converter with using metal copper (Cu) as catalyst. This research aims to design a catalytic converter get up, to know the efficiency of the use of metals Copper (Cu) as a catalyst and to determine the effect of CO emissions in motor vehicles. Measurement of the concentration of Carbon Monoxide gas emissions in the exhaust gas channel carried on standart conditions using Gas Analyzer tool. From the results of this in I find that the use of Catalytic Converters Copper (Cu) with a variety plate and the fibers are made of copper as a catalyst to reduce CO Flue gas emissions. Efficiency decrease in CO concentration of 0.01% by using 0.2 mm Cu and copper fibers. Output CO concentration are largely influenced by changes in engine speed and vehicle fuel and air mixture entering the combustion chamber. In general, the use of Catalytic Converter does not affect the performance of vehicle engines.

Keywords: Catalytic Converters, Catalytic Copper (Cu), Concentrations of CO

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Kesadaran masyarakat akan pencemaran udara akibat tingginya gas buang kendaraan bermotor di kota-kota besar saat ini makin tinggi. Berbagai sumber bergerak seperti mobil penumpang, truk, bus, lokomotif kereta api, kapal terbang dan kendaraan bermotor pun akan terus menjadi sumber yang dominan dari pencemaran udara di perkotaan.

Seperti diketahui bahwa bahan pencemar terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NO_x), sulfur (SO_x), dan partikulat debu termasuk timbel (PB). Sisa bahan bakar tertentu seperti hidrokarbon dan timbel organik, dilepaskan ke udara karena adanya penguapan dari sistem bahan bakar. Setelah berada di udara, beberapa senyawa yang terkandung

dalam gas buang kendaraan bermotor dapat berubah karena terjadinya suatu reaksi, misalnya dengan sinar matahari dan uap air, atau juga antara senyawa-senyawa tersebut satu sama lain. Beberapa senyawa dapat membahayakan kesehatan antara lain oksida sulfur, oksida nitrogen, dan oksida karbon, hidrokarbon, logam berat tertentu dalam bentuk partikulat. misalnya gas karbon monoksida (CO) hasil pembakaran bersifat racun bagi darah manusia pada saat pernafasan, sebagai akibat berkurangnya oksigen pada jaringan dalam darah. Jika jumlah CO sudah mencapai batas tertentu dalam tubuh maka akan sangat berbahaya bagi manusia (Arifin, dkk.2009).

Penggunaan kendaraan bermotor di dalam kehidupan manusia tidak bisa dikurangi, seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia. Hal yang perlu diperhatikan adalah meningkat pula pencemaran udara yang tidak diimbangi dengan upaya pelestarian lingkungan. Beranjak dari pemikiran tersebut, maka penulis ingin melakukan penelitian dengan judul Pengaruh Tembaga pada *Catalytic Converter* Terhadap Emisi Gas Karbonmonoksida dan Hidrokarbon pada Kendaraan Motor Bensin dalam rangka mengurangi emisi gas buang yang dari kendaraan bermotor.

2. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut di atas, agar dalam penelitian ini pembahasan tidak meluas dan dalam pemecahan masalahnya dapat memenuhi sasaran, maka masalahnya dibatasi sebagai berikut:

- Mesin yang di gunakan sebagai objek penelitian Suzuki carry 1.3 tahun 2001 yang saat ini banyak digunakan sebagai kendaraan transportasi umum.
- Pengujian hanya dilakukan pada sebuah alat uji Gas Analyzer.
- Bahan bakar yang digunakan adalah bensin premium.

- Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *catalytic converter* tembaga (Cu) dengan tidak memperhitungkan batas waktu keefektifan katalis.
- Benda yang diuji adalah *catalytic converter*, dengan bahan menggunakan plat tembaga (Cu) 0,2,0,4 dan tembaga serabut.
- Komponen polutan gas buang yang diukur adalah karbon monoksida (CO), dan hidrokarbon (HC) saja.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama yang akan diungkap dalam penelitian ini adalah

- Bagaimana sistem kerja *catalytic converter* bekerja pada kendaraan bermotor.
- Bagaimana analisa pengaruh penggunaan *catalytic converter* tembaga (Cu) terhadap kadar polutan gas buang (CO, HC) pada mobil Suzuki Carry 1.3.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui cara kerja *catalytic converter* pada penelitian emisi gas buang.
- Mengembangkan sistem pembuangan untuk mengurangi emisi gas buang dengan menggunakan *catalytic converter*.
- Mengetahui proses penurunan nilai emisi gas buang .

B. LANDASAN TEORI

Landasan Teori

1 Polusi Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah

uap air dalam bentuk H₂O dan karbon dioksida (CO₂). Jumlah Uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu.

Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan. Beberapa gas seperti sulfur dioksida (SO₂), hidrogen sulfida (H₂S) dan karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan udara sebagai produk sampingan dari proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan dan sebagainya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia, salah satunya asap kendaraan bermotor (Fardiaz, Srikandi. 1992).

Tabel 1 Komposisi Udara Bersih yang Dinyatakan Dalam Satuan Ppm

Komponen	Formula	% Volume	Ppm
Nitrogen	N ₂	78.08	780 800
Oksigen	O ₂	20.95	209 500
Argon	Ar	0.934	9 340
Karbon Dioksida	CO ₂	0.0314	314
Neon	Ne	0.00182	18
Helium	He	0.000524	5
Metana	CH ₄	0.0002	2
Kripton	Kr	0.000114	1

Sumber : (Arifin, Zainal & Sukoco, 2009).

2. Jenis jenis polusi udara

Polusi udara dapat dibedakan menjadi beberapa jenis seperti pada tabel 2

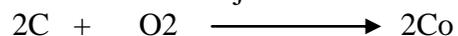
Tabel 2 Jenis Jenis Pencemar Udara

NO	Pencemaran Udara	Jenisnya
1.	Menurut bentuknya	1.Gas 2R.Partikel
2.	Menurut tempatnya	1.Indoor 2Outdoor
3.	Menurut asalnya	1.Primer 2.Sekunder
4.	Susunan kimia	1.Organik 2.Anorganik
5.	Gangguan Kesehatan	1.Iritasia 2.Toksis

3. Proses pembentukan carbon monoksida dan hidro karbon dalam gas buang

Gas karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna akibat dari pencampuran bahan bakar dan udara yang terlalu banyak, boleh dikatakan bahwa terbentuknya Co dan Hc sangat tergantung dari perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang masuk dalam ruang bakar. Menurut teori bila terdapat oksigen yang melebihi perbandingan campuran teori/idle (campuran menjadi terlalu kecil) maka tidak akan terbentuk Co, tetapi kenyataannya Co juga dihasilkan pada saat campuran kecil, tiga alasan untuk kondisi diatas adalah :

- pada proses selanjutnya Co akan berubah menjadi CO₂



Akan tetapi reaksi ini lambat dan tidak dapat merubah seluruh sisa Co menjadi Co₂. Oleh sebab itu campuran yang kecil sekalipun juga menghasilkan emisi Co.

- Pembakaran yang tidak merata yang ditimbulkan dari meratanya suplai/ distribusi bahan bakar didalam ruang bakar.
- Temperatur didalam silinder yang rendah pada akhirnya menyebabkan peristiwa Quenching

artinya temperature terlalu rendah untuk terjadinya pembakaran.

C. METODOLOGI PENELITIAN

1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental yaitu : melakukan pengujian cobaan pada sebuah catalytic converter yang kemudian ditambahkan plat tembaga dalam rangka mengurangi konsentrasi emisi gas buang.

a. Obyek penelitian

Dalam hal ini subyek penelitiannya adalah mesin Suzuki Carry tahun pembuatan 2001, sedangkan obyek penelitiannya adalah pengaruh katalis tembaga pada catalytic converter terhadap emisi gas carbon monoksida dan hidro carbon pada kendaraan motor bensin.

b. Jalan penelitian

Pengambilan data dalam penelitian ini adalah data tentang pengaruh CO dan HC terhadap emisi gas buang, sehingga metode pengumpulan data menggunakan experiment dalam penelitian ini, suatu praktek yang sengaja dilakukan oleh peneliti untuk melihat efek yang terjadi pada tindakan tersebut.

1) Instalasi peralatan uji

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Suzuki Carry tahun buatan 2001, Catalytic Converter dan alat ukur yang digunakan Gas Analyzer.

2) Alat dan ukur

- a. Bor listrik
- b. Gergaji
- c. Las karbit
- d. Kunci pas 10 dan 17
- e. Gas Analyzer

3) Bahan yang digunakan

Plat tembaga dan serabut tembaga

4) Proses pengambilan data

- Langkah-langkah pengambilan data
- a. pemanasan mesin

Tujuannya dilakukan pemanasan mesin adalah untuk mempersiapkan mesin supaya pada kondisi kerja, Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- 1) Menghidupkan mesin
- 2) Panaskan mesin selama 5 menit dalam keadaan idle
- 3) Memeriksa kondisi mesin uji dan memastikan semua berjalan normal dan instrument berfungsi dengan baik.
- 4) Mesin siap untuk melakukan uji emisi gas buang.

b. kalibrasi gas analyzer

Setelah mesin berada pada kondisi kerja kemudian dilakukan kalibrasi gas analyzer. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- 1) Alat ukur dinyalakan dengan menghubungkan stop kontak pada sumber listrik dan tombol "on" ditekan.
- 2) Colok ukur (probe sensor) dimasukkan dalam mulut knalpot sampai kedalaman 30cm.
- 3) Kemudian dibiarkan menyala sampai 1menit sehingga alat ukur dapat melakukan pemanasan dalam menyerap emisi sebagai blanko untuk pengukuran. Pada display rpm akan menunjukkan angka 0,1.
- 4) Setelah terpenuhi, display akan menunjukkan angka 21 yang berarti alat ukur sedang melakukan kalibrasi otomatis.
- 5) Kemudian setelah pada display rpm akan menunjukkan angka 0,3 yang berarti alat ukur pada kondisi stand by atau siap pakai.

c. Pengujian emisi gas buang

Pengujian ini ada dua tahap yaitu:

- 1.) Pengujian tanpa catalytic converter.
- 2.) Pengukuran Dengan Catalytic Converter

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan PT Nasmoco Pratama Tegal, Universitas Pancasakti Tegal. Adapun waktu pelaksanaan penelitian mulai tanggal 29 November sampai tanggal 15 Desember 2010.

3. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah keseluruhan subyek penelitian. Populasi dalam penelitian ini adalah katalytic konverter yang dipasang pada Suzuki Carry 1.3 tahun 2001.

2. Sampel

Sempel adalah sebagian dari populasi yang akan diteliti Dalam penelitian ini adalah variasi tembaga 0,2mm 0,4mm dan serabut tembaga ¼ kg.

4. Teknik pengambilan sampel

Dalam penelitian tentang pengaruh katalis tembaga pada *Catalytic Converter* terhadap emisi gas karbon monoksida dan hidro karbon pada kendaraan motor bensin yang sesuai dengan dimensi para pengguna sehingga pada kendaraan bermotor tersebut dapat digunakan secara nyaman. agar dalam penelitian data tidak salah sasaran maka sampel yang diambil adalah pembuatan *Catalytic Converter*.

5. Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Dalam penelitian yang akan dilakukan pengumpulan data primer dilakukan sebagai berikut:
Wawancara, Observasi,
Dokumentasi

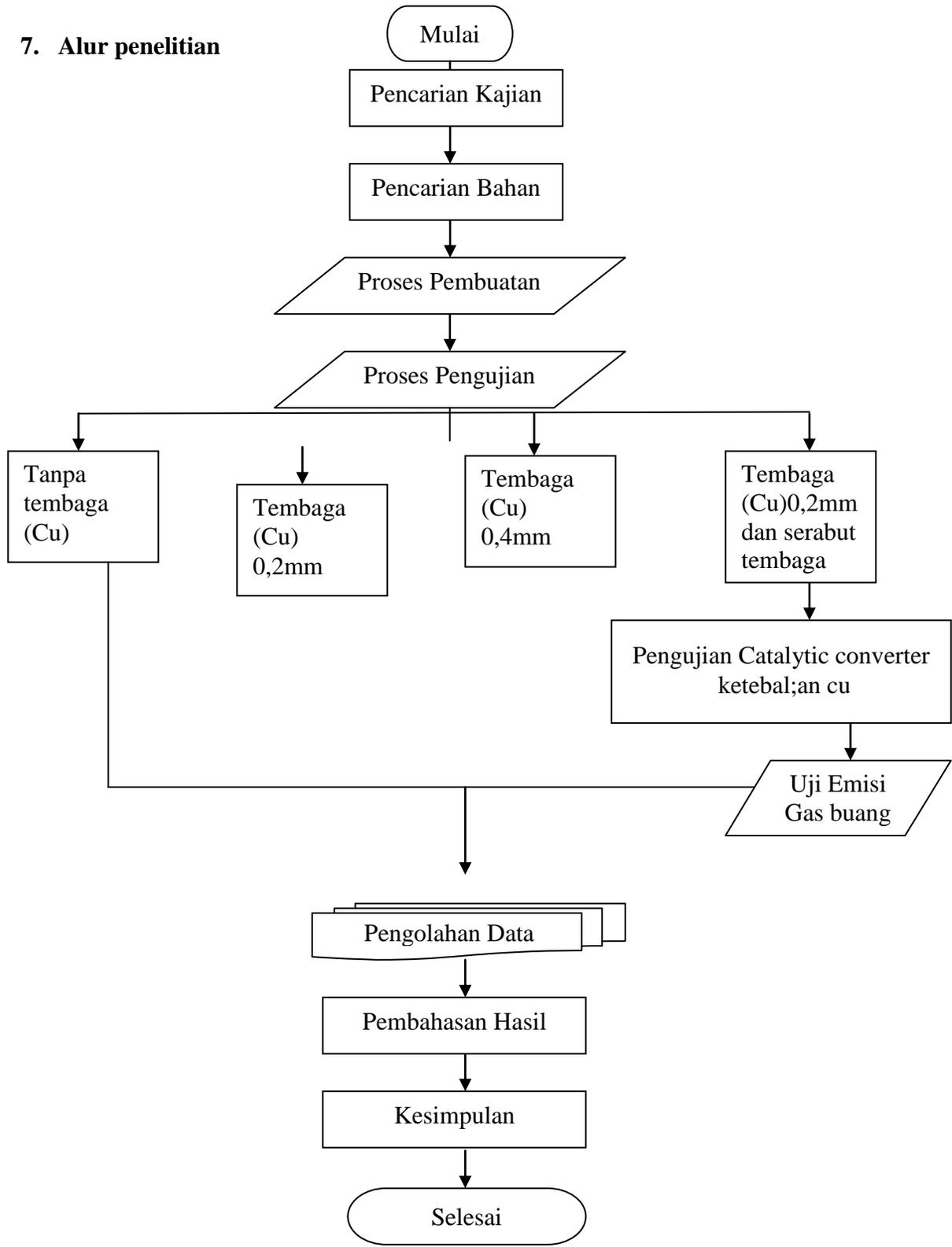
2. Data Sekunder

Dalam penelitian yang akan dilakukan sebagai data sekunder adalah dokumentasi atau studi pustaka yang digunakan untuk mendapatkan data yang berhubungan dengan pengujian logam.

6. Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan perbandingan hasil uji emisi.

7. Alur penelitian



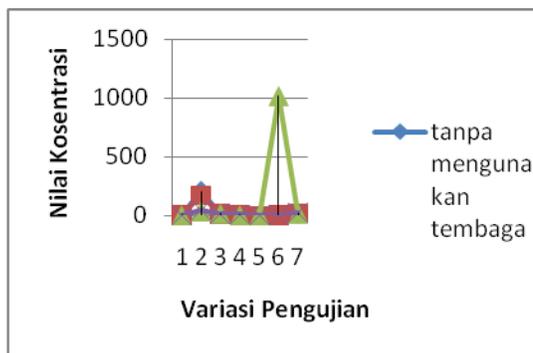
Gambar 1. Langkah Proses Kerja Penelitian Catalytic Converter

D. HASIL PENELITIAN

1. Hasil

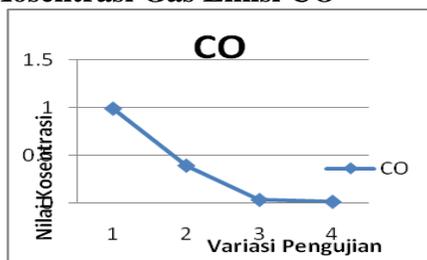
a. Pengaruh Pemakaian Catalytik Converter Terhadap Penurunan Kosentrasi Emisi Gas CO, HC, Co₂, O₂, Nox, λ dan AFR

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap mesin Suzuki carry buatan tahun 2001 dengan penambahan *Catalytik Converter* tembaga murni 0,2 mm, 0,4 mm dan serabut tembaga diperoleh data kosentrasi emisi. Data tersebut kemudian dibuat gambar berupa grafik sebagai sumbu x pengujian bahan dan sebagai sumbu y nilai kosentrasi variasi pengujian.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Nilai Kosentrasi Terhadap Catalytik Converter.

b. Pengaruh Pemakaian Catalytik Converter Terhadap Penurunan Kosentrasi Gas Emisi CO

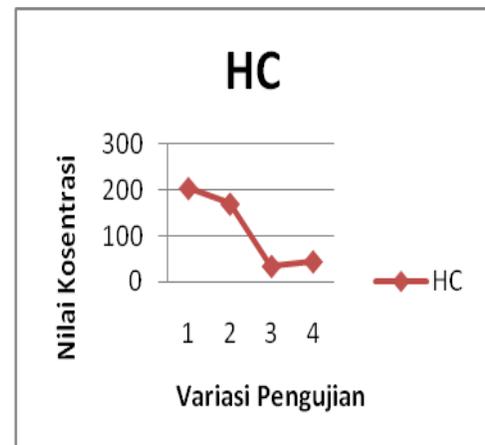


Gambar 3 . Grafik Pengaruh Pemakaian Catalytik Converter Terhadap Kosentrasi CO Yang Dihasilkan

Gambar 3 menunjukan bahwa emisi CO secara keseluruhan mengalami penurunan pada setiap variasi dan pada penggunaan tembaga serabut diperoleh penurunan tertinggi. Dengan demikian maka penggunaan serabut dapat menurunkan kadar CO saat penggunaan kendaraan bermotor.

c. pengaruh pemakaian Catalytik Converter terhadap penurunan kosentrasi gas emisi HC.

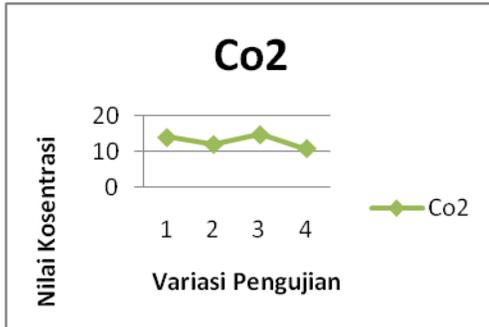
Pada gambar dibawah menjelaskan turunnya nilai kosentrasi HC yang menggunakan variasi tembaga yang dilakukan.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Pemakaian Catalytik Converter Terhadap Kosentrasi HC Yang Dihasilkan

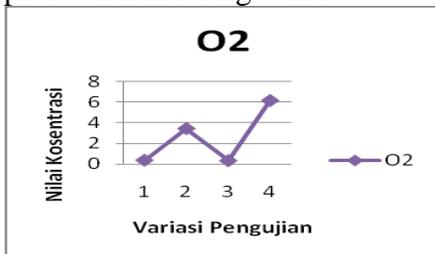
Pengaruh HC pada penggunaan variasi tembaga mengalami naik turun pada setiap variasi tembaga. Turunnya nilai kosentrasi pada variasi tembaga 0,4 mm sebab pada proses pembakaran didalam ruang bakar mengalami putaran dengan nilai 34 ppm. Dikarenakan setiap putaran mesin menghasilkan nilai yang berbeda-beda.

d. Pengaruh Pemakaian Catalytk Converter Terhadap Penurunan Kosentrasi Gas Emisi Co₂, O₂, No₂ dan Lamda



Gambar 5. Grafik Pengaruh Pemakaian Catalytk Converter Terhadap Kosentrasi Co₂ Yang Dihasilkan

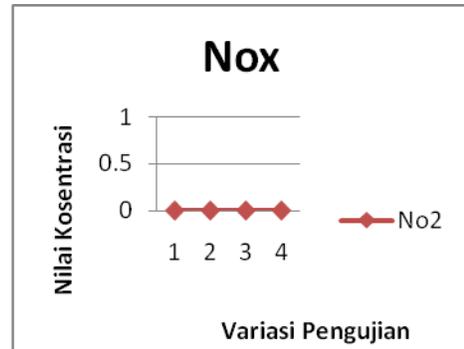
Pada grafik diatas menunjukan naik turun nilai kosentrasi Co₂ pada variasi tembaga karena pada proses pembakaran didalam mesin memerlukan suhu tinggi untuk merangsang pembentukan Co untuk menghasilkan Co₂ disebabkan campuran ekuilibrium tiba-tiba didinginkan didalam ruang bakar. Pada pengujian menggunakan variasi tembaga yang berbeda yang yang dihasilkan Co₂ pada gambar grafik diatas yang tanpa menggunakan variasi mengalami kenaikan nilai kosentrasi dan yang menggunakan variasi berbeda mengalami naik turun yang disebabkan proses dalam ruang bakar.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Pemakaian Catalytk Converter Terhadap Kosentrasi O₂ Yang Dihasilkan

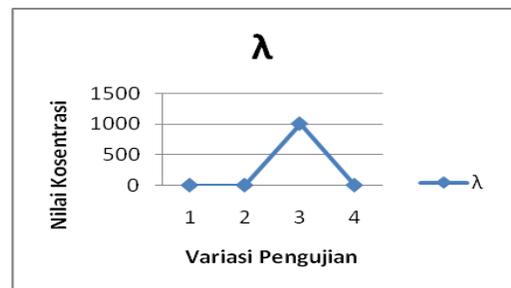
Gambar 6 menunjukan pengaruh pemakaian Catalytk Converter

terhadap kosentrasi O₂ (oksigen) terjadi naik turun pada pemakaian tembaga 0,2 mm dengan nilai kosentrasi 3,44 % terjadi kenaikan dan 0,4 mm turun dengan nilai kosentrasi 0,33 % dan pada serabut tembaga menjadi naik kembali dengan nilai kosentrasi 6,16 %. Berarti dari kedua variasi tersebut bisa menghasilkan oksigen yang hampir bersih.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Pemakaian Catalytk Converter Terhadap Kosentrasi No₂ Yang Dihasilkan

Pada grafik diatas menunjukan nitrogen (Nox) menunjukan nilai 0 (nol) dikarenakan Nox pada gas buang kendaraan sangat setabil sebab pada motor bensin besarnya emisi gas buang seiring dengan besarnya penambahan jumlah campuran udara dan bahan bakar yang karena yang masuk kedalam silinder akan berpengaruh pada proses pembakaran.

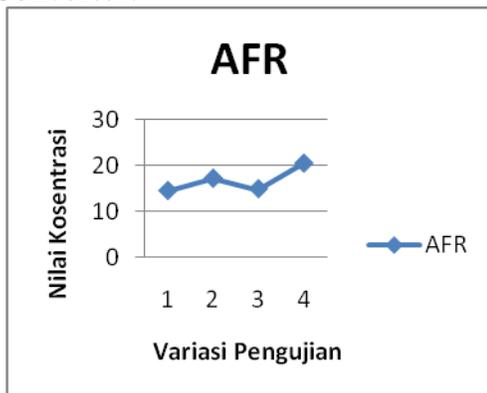


Gambar 8. Grafik Pengaruh Lambda Yang Dihasilkan

Naik turunnya nilai kosentrasi perbandingan udara dan bahan bakar

terlihat pada gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa setiap variasi tembaga mempengaruhi perubahan naik turun sangat tergantung dari perubahan lambda. Maka dapat dijelaskan bahan bakar dan udara sangat berpengaruh terhadap jumlah konsentrasi yang dikeluarkan lewat knalpot dari hasil pembakaran didalam ruang bakar.

e. Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Emisi Gas Buang Terhadap Catalytik Converter.



Gambar 9. Grafik Pengaruh AFR Yang Dihasilkan

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.9 menunjukkan putaran maksimum pada putaran pada variasi tembaga 0,2 mm, 0,4 mm dan serabut tembaga mengalami naik turun. Ketidakteraturan nilai konsentrasi emisi ini dikarenakan

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji pengaruh katalis tembaga terhadap emisi gas buang Karbon Monoksida dan Hidro Karbon yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Cara kerjanya mengubah emisi sisa pembakaran dari ruang bakar mesin Co dan Hc yang masuk kedalam *Catalytic Converter* berisi variasi tembaga didalam prosesnya memerlukan suhu tinggi dan terjadi

tidak sama campuran bahan bakar dan udara dalam proses pembakaran didalam ruang bakar.

2. Pembahasan

Berdasarkan dari hasil tabel pengujian yang dilakukan terhadap tiga jenis variasi katalis tembaga yang diujikan, yaitu *Catalytic Converter* tanpa menggunakan tembaga, dan *Catalytic Converter* menggunakan variasi tembaga 0,2 mm, 0,4 mm dan serabut tembaga ¼ kg dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan terhadap kadar zat yang diujikan dan yang akan dibahas yaitu CO dan HC. Pengujian dilakukan pada mesin kendaraan yang telah dipanaskan sebelumnya yaitu pada suhu kerja.

Pada kendaraan yang tanpa menggunakan Catalytik Converter kandungan CO dan HC sangat tinggi yaitu 0,99 % dan 204 ppm. Kemudian dilakukan pengujian pada yang kemudian didapatkan nilai penurunan yaitu yang pertama menggunakan variasi tembaga 0,2mm untuk kandungan CO sebesar 0,39 % dan kandungan HC sebesar 170 ppm. Yang kedua menggunakan variasi tembaga 0,4 mm dengan kandungan CO telah berkurang sebesar 0,03 % dan kandungan HC turut berkurang sebesar 34 ppm.

reaksi kimia dan menghasilkan sisa emisi gas buang Co₂ dan O₂ lalu dikeluarkan lewat knalpot.

2. *Catalytic Converter* yang dibuat dalam penelitiannya ialah menggunakan plat berukuran 0,1mm yang di bentuk tabung yang berdiameter 13 cm dan panjangnya 25 cm lalu menggunakan pipa untuk menghubungkan dari manifold ke knalpot dengan panjang masing-masing pipa 40 cm. Yaitu untuk pengujian kadar Co dan Hc dari tanpa menggunakan *Catalytic Converter* sebesar 0,99 %

pada nilai konsentrasi Co dan 204 ppm pada nilai konsentrasi Hc turun menjadi 0,39 % dan yang menggunakan variasi tembaga yang dihasilkan nilai konsentrasi Co 0,39 % dan Hc 170 ppm pada penggunaan tambahan plat tembaga 0,2 dan serabut $\frac{1}{4}$ kg bisa menurunkan emisi gas buang Co dan Hc secara signifikan.

3. Pemasangan *Catalytic Converter* pada proses penurunannya ialah mengubah gas polutan Co dan Hc yang keluar dari sisa pembakaran diruang bakar melalui muffler lalu masuk ke *Catalytic Converter* yang menggunakan variasi tembaga sehingga polutan tersebut pada

suhu tinggi dan terjadi reaksi kimia didalam *Catalytic Converter* yang mengubah emisi Co dan Hc menjadi Co₂ dan O₂ yang dikeluarkan lewat knalpot dan hasilnya diketahui dengan melihat alat ukur gas analyzer.

2.Saran

Mengingat *Catalytic Converter* tembaga dapat digunakan sebagai alternative pengganti Katalitik Konverter yang sudah ada di pasaran, maka disarankan agar kendaraan yang ada atau bengkel-bengkel pembuat knalpot menawarkan dan memberikan pengertian pada pemilik kendaraan agar menggunakan katalis converter tembaga pada mobil yang dipakai

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, Zainal & Sukoco.2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Alfabeta. Bandung).

Fardiaz, Srikandi.1992. *Polusi air & udara*, Kanisius, Yogyakarta

Bpm.Arends, H.Berenschot.1980.*Motor Bensin*,Erlangga,Jakarta(<http://www.cassanova-id.com/forum/showthread.php?t=11655>).(14-11-2010) jam 19 : 15

Nugroho, Amien. 2005. *Ensiklopedi Otomotif*. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Anonim, 2009, Tembaga, (<http://wapedia.mobi/ms/Tembaga>). (17-11-2010) jam 18 : 42

Anonim, 2010, Pengaruh Katalis Tembaga, http://mesinunimus.files.wordpress.com/2008/01/pengaruh-katalis_tembaga.pdf) (17-11-2010) jam 18 : 42

Anonim, 2009, *Catalytik Converter*.

<http://www.digilib.ui.ac.id/opac/themes/libri2/detail.jsp?id=93297>(23-11-2010) jam 11 : 18

Anonim, 2010, Emisi Gas Buang. http://id.wikipedia.org/wiki/Emisi_gas_buang) (23-11-2010) jam 11 : 29

(http://en.wikipedia.org/wiki/Catalytic_converter (23-11-2010) jam 12 : 05

Jurnal Traksi vol.4 No.1 Juni 2006.*pengaruh pemakaian katalis tembaga dan krom*(22-11-2010).

Harun A.R.1986. *Kerja logam*, Erlangga,Jakarta.

Arya, W,Wisnu 2004.*Dampak Pencemaran Lingkungan*. Jurnal Penelitian kampus ITS.Keputih, Surabaya.

Ketaren,S., 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*.UI-Prees, Jakarta.

Orchidea , dkk, 2007. *Katalitik Konverter*. Email orchideaceae@yahoo.com

Irawan B,2004, *Rancang Bangun Modifikasi Katalitik Konverter Dengan Katalis Subtract*.(Jurnal).