

# PENGARUH KATALIS OKSIDA TEMBAGA + KROM TERHADAP EMISI GAS CO, CO<sub>2</sub> DAN HC PADA KENDARAAN BERMOTOR

## EFFECT OF COPPER AND CHROMIUM AS CATALYST IN COMBUSTION ENGINE TOWARD THE EMISSION OF CARBON MONOXIDE, CARBON DIOXIDE AND HYDROCARBON

Arif Cahyono<sup>1)</sup>, Mohammad Razif<sup>1)</sup>, dan Mahirul Mursid<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS

### Abstrak

Rancang bangun *catalytic converter* pada penelitian ini menggunakan oksida logam transisi tembaga dan krom. Variasi parameter adalah konsentrasi gas CO, CO<sub>2</sub> dan HC serta putaran mesin uji sedangkan katalis oksida tembaga+krom dengan variasi 3, 5, 7, 11 dan 15 lapis. Removal terbesar pada katalis oksida tembaga untuk CO sebesar 35,6% pada 2000 rpm sedangkan HC 34,13% pada 3000 rpm. Daya mesin menurun 5,2% akibat penambahan katalis oksida tembaga. Efektifitas terbesar pada katalis oksida tembaga+krom 15 sebesar 64,05% pada 2000 rpm sedangkan HC sebesar 49,5% pada 3000 rpm. Penurunan daya akibat penambahan katalis oksida tembaga + krom 15 lapis adalah sebesar 3,4%.

Kata kunci: *catalytic converter*, daya mesin, katalis oksida, oksida logam tembaga

### Abstract

The transition metal oxide was used as catalytic converter. The metal alloy consisted of copper and chrom. The gas examination included carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and hydrocarbon (HC) at different engine rotation, and variation of layers 3, 5, 7, 11, and 15. The copper oxide had the highest removal of CO 35.6% at 2000 rpm, while HC removal was 34.13% at 3000 rpm. Engine slow down due to copper oxide catalyst addition was 5.2%. The best performance copper and chromium oxides with 15 layers of chromium, when the removal of CO and HC was 64.05% and 49.5% respectively at the engine speed of 2000 rpm and 3000 rpm. Having experimented as mentioned above, the engine power dropped about 3.4%.

Keywords: *catalytic converter*, engine power, oxide catalyst, transition metal oxide

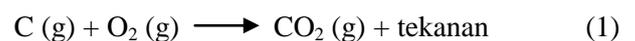
## 1. PENDAHULUAN

Tingkat pencemaran udara dari gas buang kendaraan bermotor dari tahun ke tahun meningkat sebanding dengan kenaikan jumlah kendaraan bermotor. Untuk memenuhi batas konsentrasi gas buang kendaraan bermotor diperlukan teknologi untuk mengurangi kadar gas buang kendaraan bermotor, salah satunya pemasangan *catalytic converter*. Alat ini membantu terjadinya reaksi kimia antara CO dengan O<sub>2</sub> menjadi CO<sub>2</sub>.

Didasarkan pada kenyataan di atas maka dilakukan penelitian dengan skala laboratorium yang disesuaikan dengan kondisi lapangan yaitu mengenai efektifitas oksida tembaga dan krom terhadap pe-

nurunan emisi gas karbon monoksida pada kendaraan bermotor.

Pembakaran adalah reaksi kimia antara karbon dan hydrogen di dalam bahan bakar dengan oksigen dari udara menjadi bentuk air dan gas buang. Reaksi kimia pada pembakaran sempurna (Huinink, 1995), seperti pada Persamaan 1 dan 2.



Pada proses ini juga terjadi pembebasan panas yang menaikkan tekanan silinder sehingga menjalakan piston. Pada pembakaran sempurna hasil pembakaran adalah air dan CO<sub>2</sub>, tetapi kondisi ini

jarang bisa dicapai sehingga akan menghasilkan gas CO.

Reaksi kimia pada pembakaran tak sempurna, seperti pada Persamaan 3.



Dengan pemakaian katalis maka (Gates, 1992), seperti pada Persamaan 4.



Gas CO dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna karena kekurangan oksigen (misalnya disebabkan oleh campuran yang terlalu gemuk). Secara teori, tidak terbentuk CO bila terdapat oksigen yang melebihi perbandingan campuran teori (campuran menjadi terlalu kurus). Tetapi kenyataannya CO juga dihasilkan pada saat campuran kurus. Untuk itu terdapat tiga alasan yaitu; *pertama*: pada oksidasi, selanjutnya CO berubah menjadi CO<sub>2</sub> (2CO + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub>) akan tetapi reaksi ini lambat dan tidak dapat merubah seluruh sisa CO menjadi CO<sub>2</sub>. Karena itu pada campuran yang kurus sekalipun masih menghasilkan CO; *kedua*: pembakaran yang tidak merata disebabkan oleh tidak meratanya distribusi bahan bakar di dalam ruang bakar; *ketiga* temperatur disekeliling silinder rendah, sehingga cenderung *quenching* artinya temperatur terlalu rendah untuk terjadinya pembakaran, sehingga api tidak mencapai daerah ini di dalam silinder.

Istilah katalis digunakan pertama kali oleh Jacob Berzelius pada tahun 1835. Tahun 1895 Wilhelm Oswald memberikan definisi katalis sebagai suatu zat yang mempengaruhi kecepatan reaksi tetapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangan kimia pada akhir reaksi.

Katalis memiliki bermacam-macam sifat antara lain: komposisi kimia katalis tidak berubah pada akhir reaksi, katalis tidak mempengaruhi keadaan akhir suatu kesetimbangan reaksi, katalis tidak memulai reaksi tetapi mempengaruhi laju reaksi, katalis bekerja secara spesifik, katalis mempunyai temperatur optimum.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai katalis antara lain adalah: logam transisi dan oksida logam. Logam transisi yang banyak digunakan sebagai katalis karena mempunyai orbital d yang terisi

sebagian, sehingga dapat dengan mudah berkoordinasi dengan reaktan. Katalis yang digunakan pada temperatur tinggi untuk oksidasi hidrokarbon atau karbon monoksida umumnya dibuat dari logam mulia. Logam mulia mempunyai keaktifan spesifik yang lebih tinggi dan penggunaannya sebagai katalis oksidasi telah banyak diketahui. Katalis logam yang banyak digunakan dalam hal ini adalah Pt. Karena kelimpahan yang terbatas dan harga yang mahal maka pemakaian logam ini terbatas. Logam-logam mulia tersebut mempunyai aktifitas spesifik yang tinggi namun memiliki tingkat volatilitas yang besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500 - 900 °C. Keadaan tersebut dapat mengurangi aktifitas katalis.

Sedangkan pada oksida logam reaksi oksidasi memerlukan ion logam yang dapat memiliki lebih dari satu bilangan oksidasi. Oksida logam yang sering digunakan adalah oksida logam transisi seperti: NiO, MnO, ZnO, CuO dan CrO<sub>3</sub>. Keuntungan penggunaan katalis oksida logam dibanding dengan katalis logam adalah harganya yang relatif murah dan kelimpahan yang tinggi.

*Catalytic converter* merupakan pengubah yang menggunakan zat-zat yang bersifat katalis dimana zat tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya reaksi kimia sehingga gas seperti CO dapat teroksidasi menjadi CO<sub>2</sub>. Secara umum, di dunia otomotif terdapat dua tipe *catalytic converter* yaitu katalis oksidasi dan katalis reduksi (Mirmanto dkk, 1999).

## 2. METODOLOGI

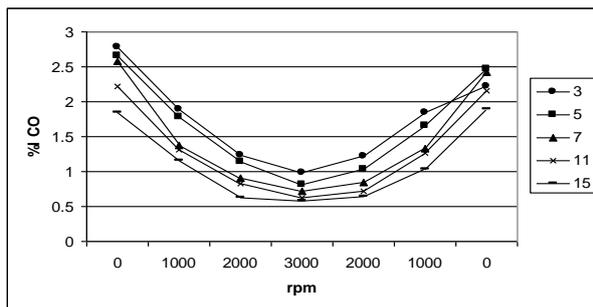
Pengukuran emisi gas buang dilakukan dalam beberapa variasi yaitu *pertama* pengukuran tanpa menggunakan *catalytic converter*. Pengukuran ini dilakukan dengan variasi putaran mesin, yaitu pada 0,1000, 2000 dan 3000 rpm. *Kedua* Pengukuran dengan menggunakan *catalytic converter* tembaga dengan jumlah lapisan 20 lapis dan variasi putaran mesin, yaitu 0, 1000, 2000, 3000 rpm. *Ketiga* pengukuran dengan menggunakan *catalytic converter* oksida tembaga dan krom. Variasi yang digunakan yaitu variasi putaran mesin (0, 1000, 2000, 3000) dan variasi jumlah lapisan katalis oksida krom, yaitu 3,5,7,10,15.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme oksidasi pada permukaan katalis bagian dalam mengikuti mekanisme Mars-Van Krevelen

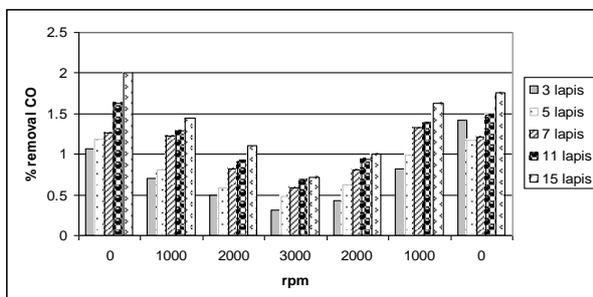
len, sedangkan reaksi pada permukaan katalis bagian luar mengikuti mekanisme reaksi Langmuir-Hinshelwood atau Eley-Rideal. Pada pengujian ini digunakan katalis logam transisi yang berbentuk lempengan maka reaksi berlangsung pada permukaan katalis bagian luar. Sehingga, mekanisme yang terjadi adalah mekanisme Langmuir-Hinshelwood stay Eley - Rideal. (Jong 1994).

Gambar 1 menunjukkan pengaruh katalis oksida tembaga + krom terhadap gas CO<sub>2</sub>.



Gambar 1. Pengaruh Katalis Oksida Tembaga + Krom Terhadap Gas CO

Dari Gambar 1 di atas dapat dilihat, katalis oksida tembaga + krom 3,5 7,11 dan 15 lapis pada rpm 0 menghasilkan emisi gas CO berturut-turut sebesar 2,78%; 2,66%; 2,57%; 2,21% dan 1,84%. Pada putaran mesin selanjutnya juga terjadi penurunan yang berarti terhadap gas CO. Hal tersebut terjadi akibat semakin luasnya bidang kontak untuk adsorpsi gas CO pada permukaan lempeng katalis dan semakin banyaknya oksida yang terbentuk pada permukaan katalis dengan semakin bertambahnya jumlah lapisan Efisiensi removal gas CO akibat penambahan katalis tembaga + krom dapat dilihat pada Gambar 2.

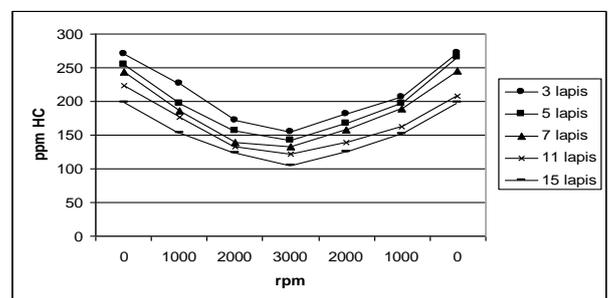


Gambar 2. Efisiensi Removal Gas CO Untuk Katalis Oksida Tembaga +Krom

Pada Gambar 2 terlihat bahwa efisiensi removal tertinggi terdapat pada katalis oksida tembaga + krom 15 lapisan , yaitu sebesar 64,05 % pada kon-

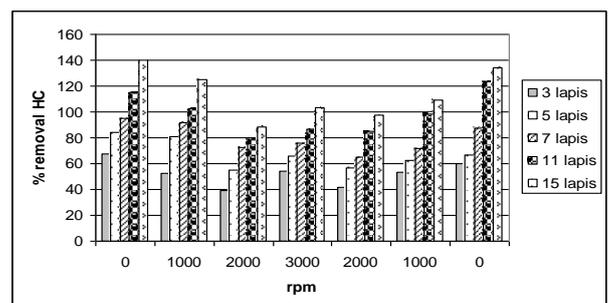
disi rpm percepatan (2000-3000). Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa, removal gas CO semakin bertambah dengan semakin bertambahnya jumlah lapisan krom sebagai katalis.

Pembakaran yang tak sempurna mengakibatkan sejumlah hidrokarbon tidak terbakar dengan baik, hidrokarbon yang tak terbakar tersebut kemudian ikut keluar sebagai emisi di system exhaust kendaraan bermotor. Hidrokarbon tak terbakar tersebut antara lain berupa gas metana, etana, asetilen, propilena dan gas-gas lainnya. Gambar 3 menunjukkan emisi gas HC untuk katalis oksida tembaga + krom.



Gambar 3. Emisi Gas HC Untuk Katalis Oksida Tembaga + Krom

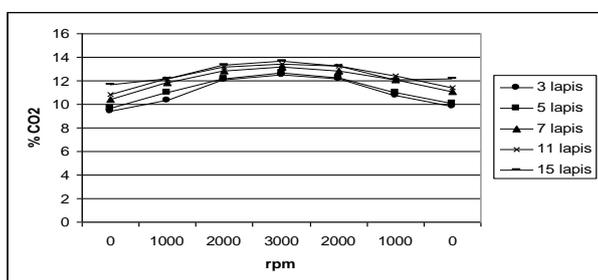
Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada penambahan 3 lapis krom, emisi hidrokarbon tak terbakar menunjukkan adanya penurunan emisi seiring dengan peningkatan putaran mesin. Hal ini terjadi karena dengan semakin meningkatnya putaran mesin maka temperatur dalam knalpot akan meningkat sehingga mempercepat reaksi HC dengan oksigen dalam casing *catalytic converter*. Dari grafik juga terlihat dengan peningkatan jumlah lapisan katalis krom meningkatkan senyawa oksigen dalam lapisan katalis dan oksigen tersebut selain bereaksi dengan CO juga akan bereaksi dengan HC membentuk gas H<sub>2</sub>O. Efisiensi removal Hidrokarbon akibat penambahan katalis oksida tembaga dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Grafik Efisiensi Removal Gas HC Untuk Katalis Oksida Tembaga + Krom

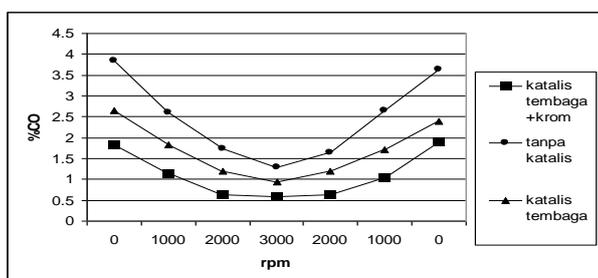
Dari Gambar 4 dapat dilihat semakin banyak jumlah lapisan krom maka efisiensi removal HC akan meningkat, dengan nilai tertinggi removal sebesar 49,52 %. Removal tersebut terjadi pada putaran mesin rpm 3000 dan jumlah lapisan krom 15 lapis.

Pada reaksi pembakaran sempurna CO<sub>2</sub> akan terbentuk bersama dengan uap air. Sedangkan pada pembakaran tak sempurna akan terbentuk gas CO sehingga akan mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub>. Dengan penambahan katalis diharapkan konsentrasi CO<sub>2</sub> akan meningkat seiring dengan reduksi gas CO oleh aktifitas katalis dalam sistem pembuangan kendaraan bermotor. Gambar 5 menunjukkan emisi gas CO<sub>2</sub> untuk katalis oksida tembaga + krom.



Gambar 5. Emisi Gas CO<sub>2</sub> Untuk Katalis Oksida Tembaga + Krom

Dari Gambar 5 terlihat bahwa pada kondisi putaran mesin 3000 rpm terbentuk gas karbon dioksida sebesar 12,62% ; 12,76% ; 13,04% 13,25% dan 13,39%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan dengan penurunan gas CO akibat penambahan katalis tembaga + krom pada bagian exhaust kendaraan. Konsentrasi tertinggi gas CO<sub>2</sub> yang terbentuk adalah sebesar 13,39% pada katalis tembaga + krom dengan jumlah lapisan 15 dan pada kondisi putaran mesin 3000 rpm. Gambar 6 menunjukkan perbandingan emisi gas CO antara pengujian tanpa katalis, dengan katalis tembaga dan katalis tembaga + krom

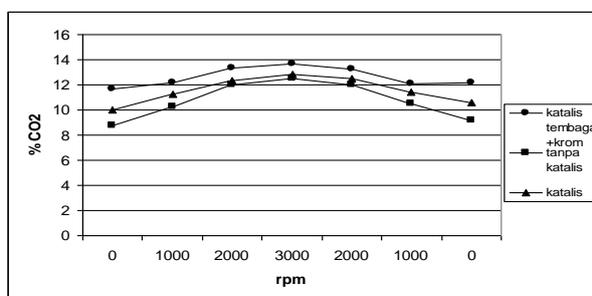


Gambar 6. Perbandingan Emisi Gas CO Antara Pengujian Tanpa Katalis, Dengan Katalis Tembaga Dan Katalis Tembaga + Krom

Pada katalis oksida tembaga + krom didapatkan efisiensi removal tertinggi gas CO pada katalis dengan jumlah lapisan 15 lapis. Maka, perbandingan dilakukan hanya dengan katalis oksida tembaga + krom dengan jumlah lapisan 15 lapis. Perbandingan emisi gas CO antara pengujian tanpa katalis, dengan katalis oksida tembaga dan katalis oksida tembaga + krom 15 lapis dapat dilihat pada gambar 6.

Efisiensi penurunan kadar gas CO bila menggunakan katalis oksida tembaga sebesar 28,68% dan sebesar 55,67% bila menggunakan katalis campuran oksida tembaga + krom. Data di atas menunjukkan bahwa penggunaan katalis campuran oksida tembaga + krom lebih baik dalam menurunkan emisi gas CO bila dibandingkan dengan katalis oksida tunggal tembaga. Hal ini dikarenakan penggunaan katalis campuran oksida logam mempunyai temperatur kerja katalis yang lebih rendah dibandingkan bentuk oksida tunggalnya. Penambahan oksida krom dapat menurunkan temperatur kerja katalis hingga 100<sup>0</sup>C dan bila temperatur kerja katalis tembaga 360<sup>0</sup>C maka temperatur kerja katalis oksida tembaga + krom adalah sebesar 260<sup>0</sup>C. (Rosyidah, 1998).

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan hasil akhir untuk sebuah pembakaran sempurna bahan bakar selain uap air (H<sub>2</sub>O). Dengan demikian secara teoritis semakin tinggi konsentrasi CO<sub>2</sub> pada emisi motor maka akan semakin baik pembakaran yang terjadi. Pada katalis oksida tembaga + krom didapatkan emisi tertinggi gas CO<sub>2</sub> pada katalis dengan jumlah lapisan 15 lapis. Maka, perbandingan dilakukan hanya dengan katalis oksida tembaga + krom dengan jumlah lapisan 15 lapis. Perbandingan emisi gas CO<sub>2</sub> antara pengujian tanpa katalis, dengan katalis oksida tembaga dan katalis oksida tembaga + krom 15 lapis dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



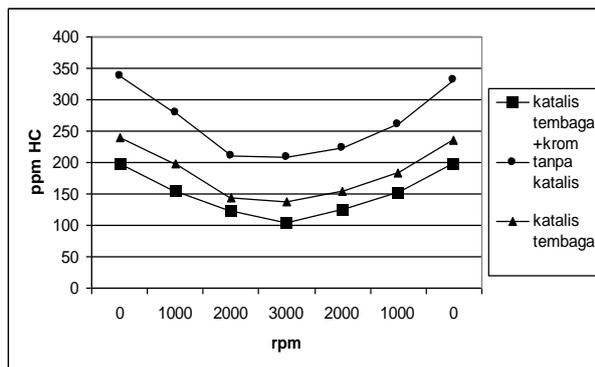
Gambar 7. Perbandingan Emisi Gas CO<sub>2</sub> Antara Pengujian Tanpa Katalis, Dengan Katalis Oksida Tembaga Dan Katalis Oksida Tembaga ± Krom

Dari Gambar 7 didapatkan emisi gas CO<sub>2</sub> pada rpm 0 untuk pengujian tanpa katalis, dengan katalis oksida tembaga dan katalis oksida tembaga + krom adalah 8,73%; 10% dan 11,7%. Dari hasil tersebut terlihat adanya peningkatan gas CO<sub>2</sub> seiring dengan adanya penggunaan katalis untuk pengujian. Hal ini disebabkan penurunan gas CO akibat penambahan katalis yang akan dikonversikan menjadi gas CO<sub>2</sub>, sesuai dengan persamaan 5 sebagai berikut:



Sehingga bila konsentrasi gas yang dihasilkan semakin rendah maka gas CO<sub>2</sub> akan bertambah. Dari tren grafik di atas juga terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya putaran mesin maka semakin kecil gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan, ini karena dengan meningkatnya putaran mesin maka temperatur dalam ruang pembakaran akan meningkat dan secara otomatis akan meningkatkan kerja katalis menjadi optimum.

Pada katalis oksida tembaga + krom didapatkan emisi terendah gas HC pada katalis dengan jumlah lapisan 15 lapis. Maka, perbandingan dilakukan hanya dengan katalis tembaga + krom dengan jumlah lapisan 15 lapis. Perbandingan emisi gas CO antara pengujian tanpa katalis, dengan katalis oksida tembaga dan katalis oksida tembaga + krom 15 lapis dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini:



**Gambar 8.** Perbandingan Emisi Gas HC Antara Pengujian Tanpa Katalis, Dengan Katalis Oksida Tembaga Dan Katalis Oksida Tembaga + Krom.

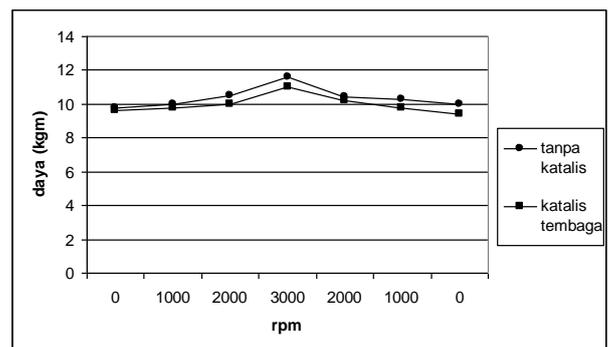
Dari Gambar 8, pada putaran idle (0 rpm) untuk pengujian tanpa katalis, dengan katalis oksida tembaga dan dengan oksida katalis tembaga + krom konsentrasi gas HO adalah sebesar 338 ppm, 240 ppm dan 198 ppm. Data diatas menunjukkan bahwa

penambahan katalis akan menurunkan konsentrasi gas HC.

Dari Persamaan 6, bila C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> adalah hidrokarbon tak terbakar maka gas ini akan bereaksi dengan oksigen pada lapisan katalis dan akan membentuk gas H<sub>2</sub>O. Dari tren Gambar 8 di atas juga terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya putaran mesin maka semakin kecil gas HC yang dihasilkan, ini karena dengan meningkatnya putaran mesin maka temperatur dalam ruang pembakaran akan meningkat dan secara otomatis akan meningkatkan kerja katalis menjadi optimum.



Penambahan katalis pada bagian knalpot kendaraan bermotor dapat mempengaruhi kinerja mesin, terutama terhadap daya. Pengaruh penambahan katalis dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini



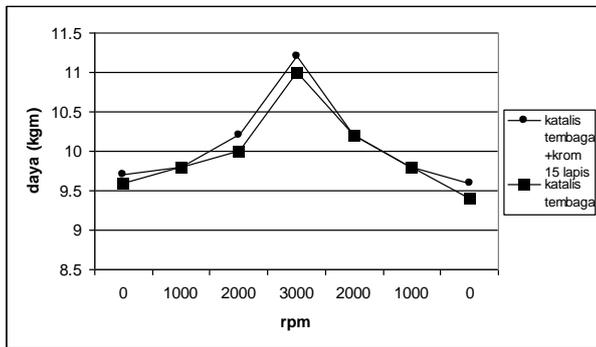
**Gambar 9.** Pengaruh Penambahan Katalis Oksida Tembaga Terhadap Daya Mesin

Pada Gambar 9 di atas terlihat adanya penurunan terhadap daya mesin setelah penambahan katalis oksida tembaga. Pada putaran mesin 3000 rpm terlihat penurunan daya mesin dari 11,6 kgm pada keadaan tanpa katalis menjadi 11 kgm setelah penambahan katalis oksida tembaga. Penurunan daya mesin akibat penambahan tersebut sekitar 5,2%.

Hal ini terjadi karena dengan adanya penambahan *catalytic converter* pada pembuangan motor, dapat menyumbat pembuangan tersebut sehingga berpengaruh terhadap kerja mesin. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan *catalytic converter* yang identik dengan semakin luas permukaan katalis, maka daya motor juga mengalami penurunan.

Pada perbandingan daya mesin antara pengujian tanpa katalis, dengan katalis oksida tembaga dan

katalis oksida tembaga + krom 15 lapis dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



**Gambar 10.** Pengaruh Penambahan Katalis Oksida Tembaga + Krom 15 Lapis Terhadap Daya Mesin

Pada Gambar 10 di atas terlihat adanya penurunan terhadap daya mesin setelah penambahan katalis oksida tembaga + krom 15 lapis. Pada putaran mesin 3000 rpm terlihat penurunan daya mesin dari 11,6 kgm pada keadaan tanpa katalis menjadi 11,2 kgm setelah penambahan katalis tembaga + krom 15 lapis. Penurunan daya mesin akibat penambahan tersebut sekitar 3,4 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan daya mesin akibat penambahan katalis tembaga dan krom lebih kecil dibandingkan dengan katalis oksida tunggal tembaga.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. Kesimpulan

Katalis oksida tembaga + krom mempunyai efektifitas tertinggi pada katalis oksida + krom 15 lapis, dimana gas CO dapat diturunkan sebesar 64,05% pada putaran mesin 2000 rpm dan gas HO diturunkan sebesar 49,5% pada putaran mesin 3000 rpm. Katalis campuran oksida dua logam ( $\text{CuO} + \text{Cr}_{203}$ ) mempunyai efisiensi lebih baik dalam menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor (CO dan HO) dibanding katalis oksida logam tunggalnya saja (CuO). Penambahan katalis pada salu-

ran gas buang akan menurunkan daya mesin dan pada penambahan katalis oksida tembaga daya mesin turun sebesar 5,2% sedangkan pada katalis oksida tembaga + krom 15 lapis penurunan daya mesin sebesar 3,4%.

##### 4.2. Saran

Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan katalis campuran oksida logam yang lain misalnya NiO, ZnO dan MnO terhadap penurunan emisi gas buang. Selain itu perlu pula diadakan penelitian lebih lanjut yang juga memperhitungkan faktor emisi  $\text{NO}_x$  sehingga dapat diketahui pengaruh kinetika reaksi  $\text{NO}_x$  pada reaksi oksidasi CO dan HC.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Gates, B.C., (1992). **Catalytic Chemistry**. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Huinink, J.P., (1995). **Quantitative Analysis of Transient Kinetic Experiment: The Oxidation of CO by  $\text{O}_2/\text{NO}$  on Pt**. Phd. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven
- Jong, A.M. (1994). **Surface Spectroscopy of Model Catalysts**. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven.
- Mirmanto, H., Arino A., Widiyono E. dan Mursyid, M. (1999). **Rancang Bangun Catalytic Converter Tembaga (Cu) pada Knalpot Kendaraan Angkutan Kota Untuk Menunjang Program Langit Biru**. Lembaga Penelitian ITS. Surabaya.
- Rosyidah, A. (1998). **Pengaruh Komposisi Katalis Campuran  $\text{CuO}$ , NiO dan  $\text{Cr}_{203}$  Terhadap Optimasi Oksidasi Karbon Monoksida**. Bidang Khusus Kimia Fisik Program Studi Kimia Program Pasca Sarjana ITB.