

ANALISIS VARIASI TEMPERATUR LOGAM KATALIS TEMBAGA (Cu) PADA CATALYTIC CONVERTER UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS KARBONMONOKSIDA (CO) DAN HIDROKARBON (HC) KENDARAAN BERMOTOR

Andi Sanata ¹

ABSTRACT

The air pollution rate caused by the vehicles in big cities is now reach the critical limit. It affects the environmental health as well as the financial factors. To reduce the pollutant gas from the vehicle engines emission, a technology is needed. One of the technology is the application of catalytic converter inside the exhaust emission. A research has been done on 125 cc motorcycle engine to modify its exhaust emission. The catalysts used in this research was made of copper and designed using the honeycomb system with various diameters (4, 6, 8, 10, 12 mm). The observation variables are catalyst temperature, CO and HC emission rate. The emission of CO and HC from the sample engine was then compared with the standard emission rates. Result showed that increase of the copper catalyst temperature resulted in decrease of CO and HC emission rates. The decrease started to occur for all the catalysts at 225 °C. Optimum conversion efficiency is up to 47,93 % (CO) and 50,36 % (HC). Both optimum efficiency reached at the temperature of 325 °C using 8 mm diametered catalysts.

Keywords : air pollutions, honeycomb system catalytic converter, temperature and copper

PENDAHULUAN

Pencemaran udara di kota-kota besar terutama dari negara berkembang telah mencapai tingkat yang kritis. Rendahnya kualitas udara menyebabkan kematian sekitar tiga juta orang per tahun dan menjadi dilema bagi jutaan orang lainnya di dunia yang menderita asma, gangguan pernafasan akut, gangguan kardiovaskular dan penderita kanker paru-paru (MENLH, 2006). Permasalahan ini kerap mengancam penduduk Indonesia terutama yang tinggal di perkotaan dengan kecenderungan mobilitas dan kepadatan kendaraan bermotor yang sangat tinggi.

Menurut penelitian yang dilakukan JICA, sumber pencemar udara bergerak seperti mobil, motor, pesawat terbang dan kapal laut, menyumbang 70 persen dari total pencemaran udara di daerah Jakarta pada tahun 1995. Dan penelitian Ekuwasbang pada tahun 1997 menyebutkan bahwa kendaraan bermotor adalah pengguna terbesar konsumsi BBM (49%) dari total penggunaan bahan bakar. (MENLH, 2006)

Sementara itu menurut data dari Bank Dunia tahun 1993, komposisi dari kerusakan lingkungan akibat dari pembakaran bahan bakar fosil pada enam kota di Negara berkembang yang dipantau, yaitu Bangkok, Krakow (Polandia), Manila, Mumbai, Santiago (Chile) dan Shanghai adalah: 68% berdampak pada kesehatan, 21% berdampak pada perubahan iklim dan 11% berdampak pada aspek lain. Pencemaran udara selain merusak lingkungan dan kesehatan, juga merugikan secara ekonomi. Hasil kajian Studi RETA – ADB tahun 2002 menemukan dampak ekonomi akibat pencemaran udara di Jakarta sebesar Rp 1.8 triliun dan jumlah tersebut akan membengkak menjadi Rp 4.3 triliun pada tahun 2015. (MENLH, 2006).

Oleh karena itu untuk memenuhi batas konsentrasi polusi gas buang kendaraan bermotor diperlukan teknologi untuk mengurangi kadar polusi gas buang kendaraan bermotor, salah satunya dengan pemasangan *catalytic converter* pada saluran pembuangan gas kendaraan bermotor. Alat ini tersusun atas fase aktif yang berfungsi untuk mengubah CO menjadi CO₂ serta HC menjadi H₂O dan CO₂.

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

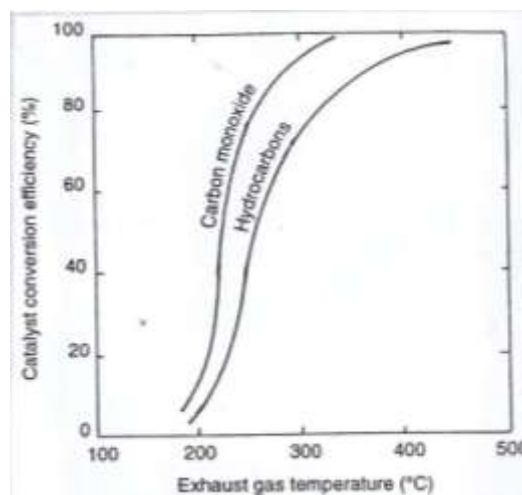
Jenis *catalytic converter* ini dapat mengonversi emisi gas buang (CO, HC dan NO_x) sangat tinggi (antara 80% - 90%), tetapi harganya sangat mahal (Muhaji, 2001). Selain itu logam-logam mulia tersebut memiliki kelimpahan yang rendah. Dengan demikian sebagai alternatif digunakan logam tembaga yang mempunyai harga yang lebih murah dan memiliki kelimpahan yang tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Temperatur gas buang pada mesin pembakaran dalam dapat bervariasi dari 300 sampai 400 °C selama *idle* dan sampai 900 °C pada operasi beban penuh (*full load condition*). *Range* temperatur yang paling umum adalah 400 sampai 600 °C. Untuk mempertahankan efisiensi konversi tetap tinggi dan periode pemakaian yang lama, *catalytic converter* harus dibuat untuk beroperasi pada jangkauan temperatur 400 sampai 800 °C. Jika temperatur gas buang pada *catalytic converter* mencapai 800 sampai 1000 °C dalam periode yang lama, logam mulia dan substrat lapisan pelindung tersebut laju keausannya cenderung akan meningkat (Heisler, 1995).

Sebuah *catalytic converter* yang beroperasi pada kondisi ideal diharapkan dapat memiliki waktu pengoperasian dengan efisiensi pemakaian maksimal kira-kira sampai dengan 100.000 km. Tetapi jika mesin mengalami *backfire* atau *misfire*, yang disebabkan karena campuran yang terlalu miskin pada kecepatan penuh serta beban berat, maka hal ini dapat menyebabkan temperatur gas buang akan meningkat, dan jika temperatur sampai melebihi 1400 °C, substrat materialnya akan meleleh, sehingga dapat merusak aktivitas *catalytic converter* seluruhnya (Heisler, 1995).

Pada temperatur lebih dari 300 °C efisiensi konversi dari *catalytic converter* baru dapat mencapai 98 sampai 99% untuk karbon monoksida(CO) dan 95% lebih untuk hidrokarbon (HC). Akan tetapi, jika temperatur berada di bawah 300 °C fungsi dari *catalytic converter* akan sangat tidak efektif (Heisler, 1995). Hal ini dapat dilihat dalam grafik pada gambar berikut.



Gambar 1. Efisiensi Konversi untuk CO dan HC Relatif Terhadap Temperatur Gas Buang

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang dipakai pada penelitian ini terdiri dari dua jenis, yang terdiri dari kelompok kontrol dan knalpot uji. Kelompok kontrol pada penelitian ini adalah knalpot sepeda motor 125cc *standard* pabrik. Sedangkan kelompok uji pada penelitian ini yaitu knalpot sepeda motor 125cc yang sudah dimodifikasi dengan pemasangan pipa tembaga untuk *catalytic converter*. Perancangan *catalytic converter* dilakukan berdasarkan ruang yang tersedia pada knalpot *standard* menggunakan pipa tembaga dengan diameter 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm.

Dalam melakukan penelitian pada motor bakar bensin ini putaran mesin menggunakan putaran tetap (*constant speed*) dengan putaran menengah tanpa pembebanan yaitu pada putaran

6000 rpm pada gigi transmisi 4. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pada knalpot standar dan 5 variasi diameter *catalytic converter*. Dengan variabel pengamatan yaitu pada temperatur katalis, kadar emisi CO dan kadar emisi HC. Kemudian kadar emisi CO dan HC tersebut dibandingkan dengan sistem saluran gas buang standar.

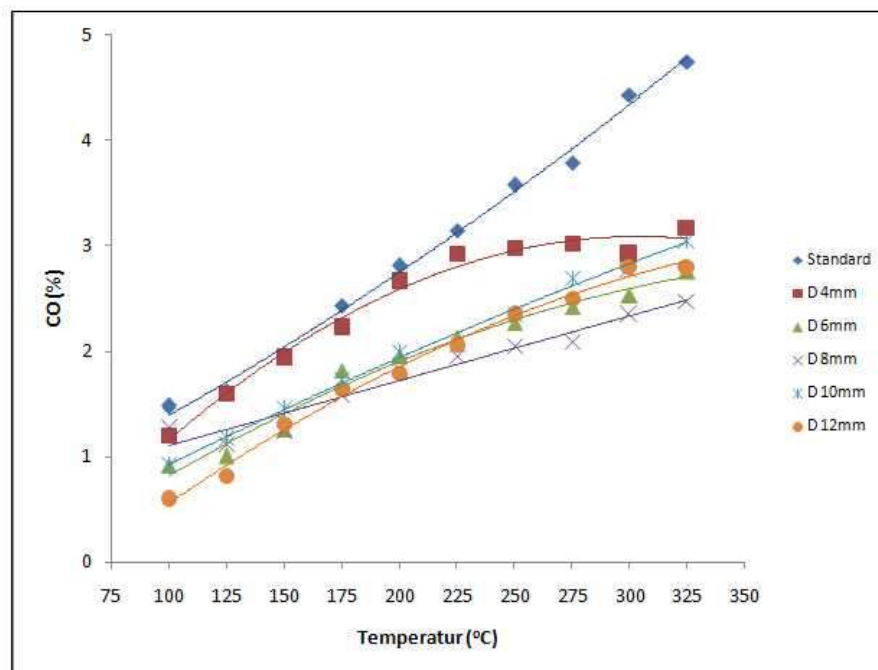
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Temperatur Logam Katalis Tembaga pada *Catalytic Converter* terhadap Kadar Emisi CO

Analisa ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh temperatur gas buang pada katalis tembaga terhadap kandungan emisi CO (karbon monoksida) dibandingkan dengan pengujian menggunakan knalpot standar. Karbon monoksida dari asap kendaraan bermotor terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna, yang disebabkan oleh kurangnya jumlah udara dalam campuran yang masuk ke ruang bakar atau bisa juga karena kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pembakaran.

Karbon monoksida juga juga sangat ditentukan oleh kualitas campuran, homogenitas, dan air fuel ratio. Semakin bagus kualitas campuran dan homogenitas akan mempermudah oksigen untuk bereaksi dengan karbon. Jumlah oksigen dalam campuran (air-fuel ratio) juga sangat menentukan besar CO yang dihasilkan, mengingat kurangnya oksigen dalam campuran akan mengakibatkan karbon bereaksi tidak sempurna dengan oksigen sehingga terbentuk CO. Karbon monoksida juga cenderung timbul pada temperatur pembakaran yang tinggi. Meskipun pada campuran miskin atau mempunyai cukup oksigen jika temperatur pembakaran terlalu tinggi, maka oksigen yang telah terbentuk dalam karbon dioksida bisa berdisosiasi (melepaskan diri) membentuk karbon monoksida dan oksigen.

Grafik hubungan antara temperatur gas buang dengan kandungan CO dalam emisi gas buang pada knalpot standar dan knalpot uji dengan *catalytic converter* pipa tembaga berdiameter 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



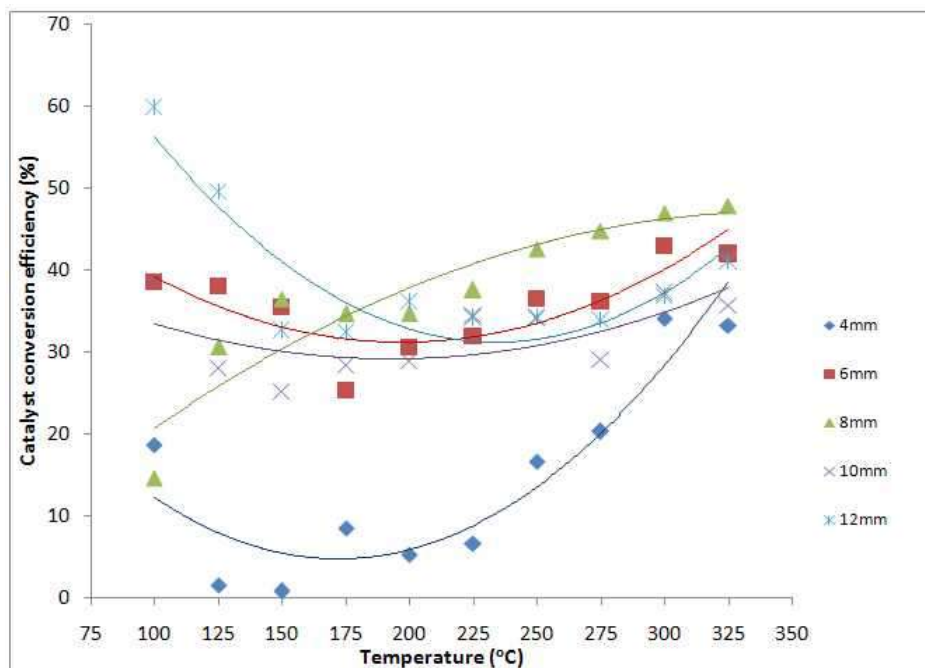
Gambar 2. Hubungan Antara Temperatur Gas Buang dengan Kandungan CO

Dengan pemasangan knalpot uji yang telah dimodifikasi menggunakan *catalytic converter*, dari grafik pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa dengan pemasangan katalis terjadi penurunan kandungan CO dibandingkan dengan knalpot standar. Dari kelima variasi diameter yang diuji menunjukkan bahwa pada penggunaan *catalytic converter* dengan diameter 12 mm pada temperatur rendah menghasilkan CO paling rendah dibandingkan dengan variasi *catalytic*

converter yang lain. Sedangkan pada temperatur tinggi gas CO paling rendah dihasilkan oleh penggunaan *catalytic converter* dengan diameter 8 mm.

Dengan penggunaan *catalytic converter* pada diameter 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, maupun 12 mm, dapat dilihat bahwa kandungan gas CO akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur. Dari Gambar 2 terlihat bahwa kadar gas CO bernilai rendah pada temperatur rendah dan kemudian terus naik pada saat temperatur semakin tinggi. Hal ini terjadi disebabkan karena pada temperatur rendah atau saat awal penyalaan kandungan gas CO yang terbentuk dapat keluar dari saluran gas buang dengan baik serta terjadinya adsorpsi yang baik pada awal pemakaian tembaga. Tetapi seiring dengan waktu penyalaan mesin yang semakin lama konsentrasi gas CO akan semakin tinggi sehingga kadar CO akan terus meningkat pada saluran gas buang dan tembaga mulai mengalami kejenuhan. Kenaikan kadar CO ini juga disebabkan karena terlalu rapatnya katalis yang menyebabkan gas buang tidak dapat keluar dengan sempurna sedangkan CO yang keluar dari ruang bakar terus bertambah pada saluran gas buang, sehingga menyebabkan proses katalisasi tidak dapat berlangsung dengan sempurna.

Seiring dengan naiknya temperatur proses katalisasi dapat berlangsung dengan baik, hal ini disebabkan karena pada saat temperatur meningkat maka laju reaksi meningkat. Pada fase gas tanpa katalis untuk oksidasi CO dibutuhkan temperatur lebih besar dari 700 °C. Akan tetapi, jika menggunakan katalis untuk oksidasi CO pada saluran gas buang, dapat dicapai pada temperatur yang rendah yaitu mulai dari 250 atau 300 C, dan jika temperatur berada di bawah 300 °C fungsi dari *catalytic converter* akan sangat tidak efektif. Sedangkan pada pengujian, temperatur maksimum yang didapatkan yaitu hanya sampai dengan 325 °C. Hal ini disebabkan desain saluran gas buang yang kurang optimal sehingga proses perambatan panas yang terjadi kurang baik, terutama pada desain *flange*. Untuk diameter 4 mm, dapat dilihat bahwa pada temperatur 250 °C kadar emisi CO mulai stabil, tetapi nilainya masih lebih besar dari diameter lainnya. Sedangkan pada diameter lain belum dapat dilihat temperatur optimal untuk menurunkan kadar gas CO dikarenakan temperatur gas buang yang hanya mencapai 325 C. Besarnya konversi efisiensi katalis untuk CO dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Efisiensi Konversi untuk CO terhadap Temperatur Gas Buang

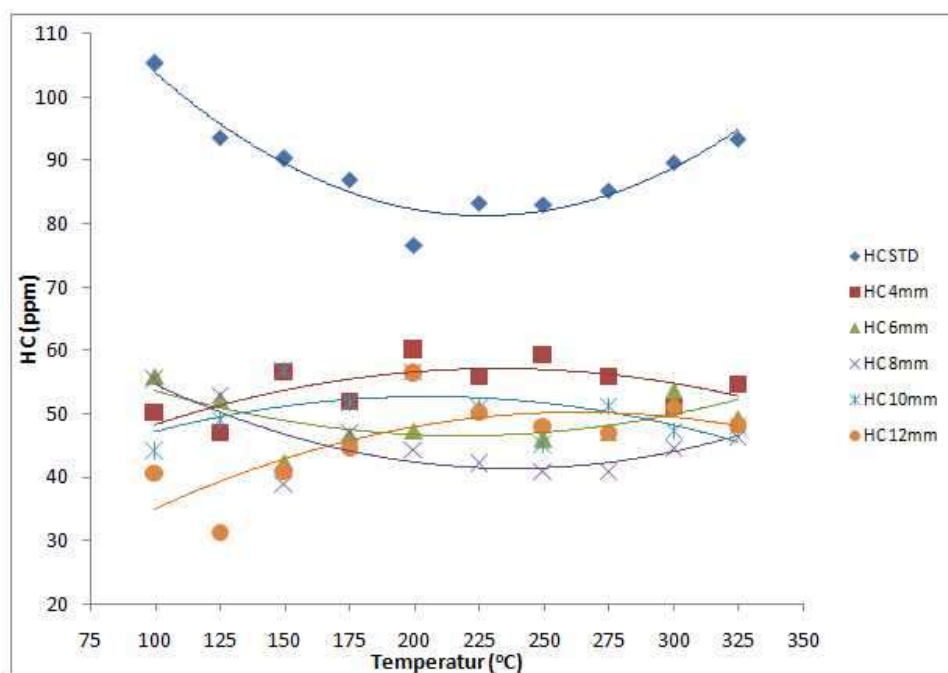
Dari Gambar 3 terlihat bahwa efisiensi konversi katalis tertinggi adalah pada diameter 12 mm pada temperatur 100 °C yaitu sebesar 59,91 %. Ini dikarenakan pada diameter tersebut merupakan diameter katalis terbesar sehingga laju gas buang tidak terhambat pada awal penyalaan. Setelah terjadi kenaikan temperatur nilainya semakin turun karena konsentrasi gas

CO yang semakin bertambah di saluran pembuangan, sedangkan katalis belum mencapai temperatur optimal untuk melakukan proses katalisis dengan sempurna. Sedangkan pada temperatur tinggi dimulai dari temperatur 225 °C pada kelima diameter katalis terjadi peningkatan efisiensi konversi gas CO. Terutama pada diameter 8 mm terjadi peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan diameter lain, yaitu sebesar 37,2 %. Puncaknya terjadi pada temperatur 325 C, sebesar 47,93 %. Berdasarkan kelima hasil analisa data yang disajikan dalam Gambar 3 dapat dilihat bahwa efisiensi konversi untuk gas CO dengan penggunaan *catalytic converter* makin optimal seiring dengan kenaikan temperatur yang besarnya berbeda pada setiap variasi diameter katalis.

2. Analisa Temperatur Logam Katalis Tembaga pada *Catalytic Converter* terhadap Kadar Emisi HC

Analisa ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh temperatur gas buang pada katalis tembaga terhadap kandungan emisi HC (hidrokarbon) dibandingkan dengan pengujian menggunakan knalpot standar. Hidrokarbon yang tidak terbakar (*unburned hydrocarbon*) adalah akibat langsung dari ketidaksempurnaan pembakaran, yang erat kaitannya dengan berbagai macam desain engine dan variabel operasi. Selama proses kompresi dan pembakaran, kenaikan tekanan pada ruang bakar akan memaksa sejumlah gas untuk masuk ke celah-celah kecil dalam ruang bakar sehingga tidak ikut terbakar, yang paling utama adalah celah antara piston, ring piston dan dinding silinder. Gas-gas yang terperangkap dalam celah-celah tersebut akan keluar pada saat langkah ekspansi dan langkah buang. *Unburned hydrocarbon* yang terbentuk dalam volume *crevice* ini merupakan penyebab utama munculnya *unburned hydrocarbon*. Sumber lainnya adalah adanya lapisan oli pelumas yang menempel pada dinding ruang bakar. Lapisan oli ini kemudian menyerap uap bahan bakar dan melepaskan kembali pada saat langkah ekspansi dan langkah buang. Sehingga memungkinkan bahan bakar lolos ketika terjadinya pembakaran. Sumber HC tersebut kemudian akan ikut keluar lewat gas buang ke udara bebas dan akan memperbesar kadar HC yang dihasilkan.

Hubungan antara temperatur gas buang dengan kandungan HC dalam emisi gas buang pada knalpot standard dan knalpot uji dengan *catalytic converter* pipa tembaga berdiameter 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, dan 12 mm dapat dilihat pada grafik dalam Gambar 4.



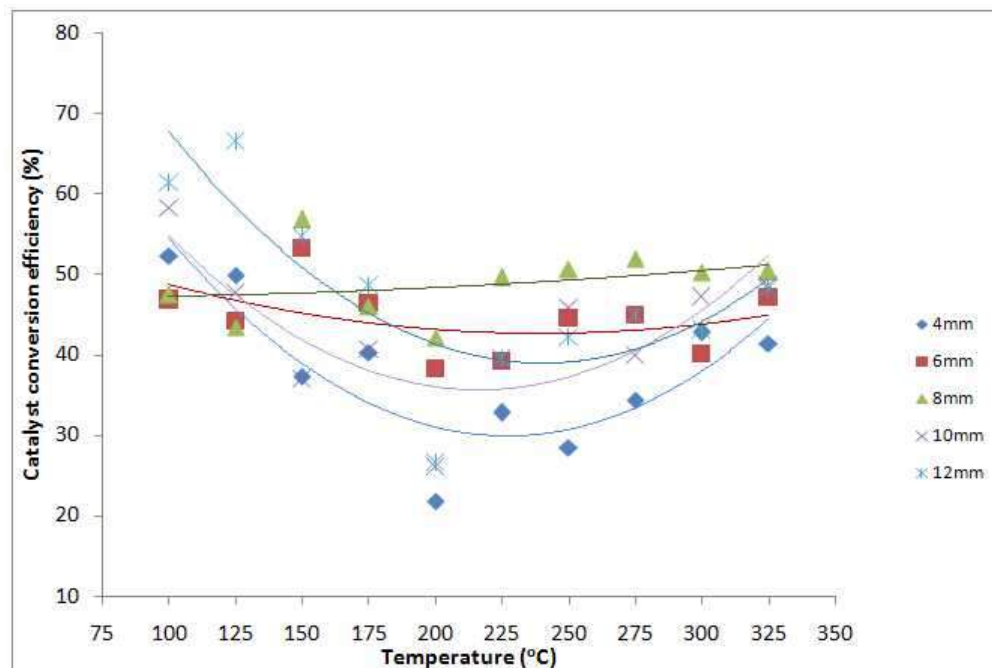
Gambar 4. Hubungan Antara Temperatur Gas Buang dengan Kandungan HC

Dengan pemasangan knalpot uji yang telah dimodifikasi menggunakan *catalytic*

converter, dari grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan pemasangan katalis terjadi penurunan kandungan HC jauh dibawah dengan menggunakan knalpot *standard*. Dari kelima variasi diameter yang diuji menunjukkan bahwa pada penggunaan *catalytic converter* dengan diameter 12 mm pada temperatur rendah menghasilkan HC paling rendah dibandingkan dengan variasi *catalytic converter* yang lain. Sedangkan pada temperatur tinggi gas HC paling rendah dihasilkan oleh penggunaan *catalytic converter* dengan diameter 8 mm. Tetapi perbandingan jumlah HC yang terbentuk pada kelima jenis variasi diameter katalis tidak terlalu signifikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa kelima jenis variasi diameter katalis dapat menurunkan kandungan gas HC dengan baik dibandingkan dengan penggunaan knalpot *standard*.

Pada fase gas tanpa katalis untuk oksidasi hidrokarbon dibutuhkan temperatur lebih besar dari 700 °C. Akan tetapi, jika menggunakan katalis untuk oksidasi HC pada saluran gas buang, dapat dicapai pada temperatur yang rendah yaitu mulai dari 250 atau 300 °C, dan jika temperatur berada di bawah 300 °C fungsi dari *catalytic converter* akan sangat tidak efektif. Dari gambar 3 terlihat bahwa dengan penggunaan *catalytic converter* pada diameter 4 mm, 10 mm, 12 mm, kandungan gas HC akan meningkat dengan naiknya temperatur, dan kemudian mulai turun pada temperatur 225 C. Sedangkan dengan penggunaan *catalytic converter* pada diameter 6 mm, dan 8 mm kadar gas HC cenderung turun dengan turunnya temperatur.

Pada diameter 4 mm, 10 mm, dan 12 mm hal tersebut terjadi disebabkan karena temperatur belum mencapai temperatur optimal untuk terjadinya oksidasi sehingga tidak menurunkan HC dengan optimal, sedangkan pada temperatur 225 °C mulai dicapai temperatur optimal sehingga terjadi peningkatan laju reaksi yang menyebabkan mulai terlihat adanya penurunan kandungan gas HC pada ketiga diameter katalis tersebut. Sedangkan untuk diameter 6 mm dan 8 mm kepadatan katalis untuk keluarnya gas buang tidak terlalu menghambat aliran gas buang, sehingga laju gas buang tidak terlalu lambat seperti pada diameter 4 mm atau terlalu cepat meninggalkan katalis seperti pada diameter 10 dan 12 mm, yang menyebabkan adsorpsi gas HC dapat berlangsung dengan baik dan menyebabkan terjadinya penurunan kadar HC mulai dari temperatur rendah. Walaupun kemudian pada diameter 6 mm dan 8 mm kandungan gas HC kembali naik dikarenakan belum tercapainya temperatur optimal pada katalis dikarenakan temperatur optimal yang dapat dicapai hanya sampai dengan 325 C. Besarnya konversi efisiensi katalis untuk HC dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Efisiensi Konversi untuk HC terhadap Temperatur Gas Buang

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa efisiensi konversi katalis terendah adalah pada

diameter 12 mm pada temperatur 125 °C yaitu sebesar 66,55 %. Setelah terjadi kenaikan temperatur nilainya semakin turun karena konsentrasi gas HC yang semakin bertumpuk di saluran pembuangan, sedangkan katalis belum mencapai temperatur optimal untuk melakukan proses katalisasi dengan sempurna. Namun pada temperatur 225 °C mulai terjadi titik balik hampir pada semua diameter katalis, walaupun belum dapat dicapai temperatur optimal dikarenakan temperatur pengujian yang hanya sampai dengan 325 C. Berdasarkan kelima hasil analisa data yang disajikan dalam Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa efisiensi konversi untuk gas HC dengan penggunaan *catalytic converter* makin optimal seiring dengan kenaikan temperatur yang besarnya berbeda pada setiap variasi diameter katalis. Dengan efisiensi konversi tertinggi pada temperatur tinggi yaitu pada diameter 8 mm, yaitu sebesar 50,36 %.

KESIMPULAN

1. Kenaikan temperatur pada logam katalis tembaga berpengaruh terhadap penurunan kandungan emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). Hal ini terbukti yaitu dengan mulai terjadi penurunan pada kelima jenis diameter katalis pada temperatur 225 °C. Dengan pemakaian katalis terbaik terjadi pada katalis dengan diameter 8 mm.
2. Efisiensi konversi untuk gas buang CO dan HC semakin optimal seiring dengan kenaikan temperatur katalis. Ini terjadi pada kelima jenis diameter katalis. Dengan efisiensi konversi paling optimal yaitu sampai dengan 47,93 % untuk CO dan 50,36 % untuk HC pada temperatur 325 °C, yang terjadi pada katalis dengan diameter 8 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, Arif. 2001. *Pengaruh Katalis Oksida Tembaga dan Krom terhadap Emisi Gas CO, HC dan Daya Mesin pada Kendaraan Bermotor* . Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Heisler, Heinz. 1995. *Advanced Engine Technology*. London: Edward Arnold.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2006. *Indonesian Fuel Quality Report 2006*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup RI.
- Pronawan, Oky Melvin. 2006. *Pengaruh Penggunaan Kuningan pada Straight Through Muffler Motor Bensin 4 Langkah 1 Silinder dalam Upaya Pengurangan Emisi Gas Buang* . Surabaya: Jurusan Teknik Mesin ITS.