

PROTOTYPE *CATALYTIC CONVERTER* DARI TEMBAGA BERLAPIS MANGAN UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG CO MOTOR BENSIN

RM. Bagus Irawan¹, Purwanto², Hadiyanto³

Abstrak

Salah satu teknologi rekayasa yang dapat digunakan untuk mengurangi polusi udara adalah dengan pemakaian *Catalytic Converter* yang dipasang pada saluran gas buang kendaraan bermotor. Namun demikian harga alat tersebut masih sangat mahal di pasaran dan tidak semua kendaraan bermotor menggunakan teknologi tersebut. Hal ini disebabkan oleh pemakaian katalis yang terbuat dari bahan logam mulia yang mahal dan jarang didapatkan dipasaran seperti Paladium, Platinum, dan Rodium. Katalis tersebut sangat rentan terhadap unsur timbal (Pb) yang berakibat dapat merusak fungsi katalis karena akan terjadi penyumbatan pada *honeycomb Catalytic Converter*. Peraturan tentang emisi bagi kendaraan bermotor dan standard Euro 3 yang diberlakukan, mengakibatkan banyak kendaraan yang tidak layak jalan karena emisinya sangat tinggi dan melebihi ambang batas yang diizinkan. Pemakaian *Catalytic Converter* pada kendaraan bermotor yang tepat dapat mengurangi emisi gas buang dan memenuhi standard yang diberlakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji material logam sebagai katalis, karakteristik *Catalytic Converter* dan efektifitas *Catalytic Converter* dalam mengurangi polutan Karbon Monoksida pada emisi gas buang dengan penambahan lapisan Mangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis berbahan Tembaga dan Mangan mampu mengurangi emisi Karbon Monoksida pada berbagai variasi putaran mesin dan jumlah sel katalis.

Kata kunci: *catalytic converter*, katalis, tembaga, mangan, emisi gas buang, karbon monoksida

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia saat ini telah mencapai lebih dari 10% per tahun menjadi faktor dominan penyebab utama naiknya angka pencemaran udara. Kondisi ini diperburuk dengan angka pertumbuhan jalan yang tidak sebanding dengan pertumbuhan kendaraan bermotor yang hanya 2% per tahun, semakin memperburuk kondisi udara di berbagai kota. (Statistik Dirjen Perhubungan Darat, 2008)

¹ Dosen S1 Teknik Mesin UNIMUS (Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana UNDIP)

² Dosen Teknik Kimia UNDIP (Promotor Disertasi)

³ Dosen Teknik Kimia UNDIP (Co. Promotor Disertasi)

Menurut Asisten Deputi Urusan Pengendalian Pencemaran Emisi Sumber Bergerak KLH, dari hasil kajian yang dilakukan oleh KLH dikemukakan bahwa pada tahun 2009 terdapat 26 kota metropolitan di Indonesia yang memiliki kualitas udara buruk dimana angka pencemaran udara mencapai 80%, diantaranya termasuk kota Semarang. (Palguna A. 2010).

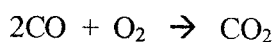
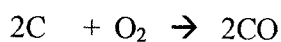
Pakar Transportasi dari Universitas Khatolik Soegiyopranoto mengemukakan bahwa jumlah kendaraan bermotor di kota Semarang saat ini telah mencapai 1 juta unit dengan jumlah penduduk 1,4 juta jiwa, sementara itu kapasitas jalan yang ada tidak bertambah jumlahnya. Hal ini tentu saja akan membawa implikasi kemacetan dan peningkatan polusi udara di kota Semarang. (Setijowarno D. 2010).

Dari seluruh emisi gas buang yang dikeluarkan dari sumber kendaraan bermotor, persentasi emisi gas buang CO (Carbon Monoksida) cukup signifikan mencapai 60% dan termasuk jenis gas yang sangat berbahaya karena bisa mengakibatkan kematian bagi bagi yang menghirupnya. (Bachrun, 1993).

Peningkatan polusi udara dari sektor transportasi sangat signifikan dan berdampak pada kehidupan dan lingkungan saat ini. Sebuah kendaraan dari proses bekerjanya dapat menghasilkan polutan berupa gas Carbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Nitrogen oksida (NOx), Sulfur Oksida (SO₂) dan Timbal (Pb) yang sering disebut sebagai polutan primer. Salah satu polutan udara yang berbahaya dan sangat dominan jumlahnya adalah gas Carbon Monoksida yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan udara motor bensin yang tidak sempurna (Wardhana A.W. 1995).

Gas carbon Monoksida dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna akibat dari pencampuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya. Boleh dikatakan bahwa terbentuknya CO sangat tergantung dari perbandingan campuran bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar. Menurut teori bila terdapat oksigen yang melebihi perbandingan campuran ideal (teori) campuran menjadi terlalu kurus maka tidak akan terbentuk CO. Tetapi kenyataannya CO juga terjadi dan dihasilkan pada saat kondisi campuran terlalu kurus.

Proses terjadinya CO :



Akan tetapi reaksi ini sangat lambat dan tidak dapat merubah seluruh sisa CO menjadi CO₂. (Swisscontact, 2000).

Mengingat bahaya emisi gas buang khususnya Carbon Monoksida tersebut yang bisa menyebabkan kematian bagi manusia yang menghirupnya, maka perlu usaha-usaha untuk mengendalikan dan mengurangi pencemaran udara agar dampak negatif bagi manusia dapat dikurangi dan diminimalkan.

Sesuai dengan program *Environment Sustainable Transportation (EST)* atau lebih dikenal dengan transportasi ramah lingkungan ada 12 program atau pendekatan yang bisa dilakukan untuk mengurangi permasalahan polusi udara yang bersumber dari sektor transportasi, salah satunya adalah *Vehicle Emissions Control* yang akan menjadi fokus kajian penelitian.

Untuk mengurangi emisi gas buang tersebut sebenarnya dapat dilakukan dengan membatasi jumlah kendaraan bermotor, hal ini merupakan kewenangan dari pemerintah dan sangat sulit terwujud mengingat pajak kendaraan bermotor masih menjadi penyumbang pendapatan negara terbesar saat ini. Pemakaian bahan bakar yang tidak berpolusi atau ramah lingkungan juga merupakan kewenangan dan otoritas dari PERTAMINA sebagai tangan panjang pemerintah, cara inipun masih belum bisa diwujudkan dan saat ini masih dalam bentuk kajian serta membutuhkan investasi yang besar untuk proses produksi bahan bakar yang ramah lingkungan.

Langkah-langkah dan usaha yang dilakukan untuk mereduksi gas buang yang berbahaya pada kendaraan bermotor sudah banyak dilakukan terutama di negara-negara maju (USA, Eropa) dan kini termasuk negara-negara di Asia, seiring semakin ketatnya peraturan dunia tentang emisi gas buang kendaraan bermotor. Secara umum dengan merujuk pada program EST, untuk mengontrol atau mengurangi polutan udara dari kendaraan bermotor (*internal combustion engine*) dapat dilakukan dengan cara modifikasi pada mesin, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya dan modifikasi pada saluran gas buang. (B. Irawan, 2003).

Sedang hal yang dapat dilakukan peneliti sebagai bagian dari disertasi peneliti dan sebagai wujud dari *Vehicle Emission Control* adalah cara ke tiga yaitu modifikasi saluran gas buang dengan melakukan pemasangan *Catalytic Converter* pada system saluran pembuangan gas kendaraan bermotor.

Untuk mengurangi toksisitas dari mesin pembakar internal digunakan alat yang disebut catalytic Converter. Alat ini telah digunakan di USA sejak 1975 karena peraturan EPA yang semakin ketat tentang gas buang kendaraan bermotor. Alat ini mengkonversi senyawa-senyawa toksik dalam gas buang menjadi zat-zat yang kurang toksik atau tidak toksik.

Dengan demikian untuk memenuhi peraturan tersebut, kendaraan bermotor harus dilengkapi dengan Catalytic Converter. Pemerintah Indonesia juga mengikuti peraturan tentang emisi gas buang yang mengacu pada EURO 1, EURO 2 dan EURO 3. Sehingga kendaraan bermotor di wilayah ini harus dilengkapi dengan piranti Catalytic Converter.

Catalytic Converter pada dasarnya merupakan sebuah reaktor unggun tetap (Fixed Bed Reaktor) yang beroperasi dinamis dan mengolah zat-zat yang mengandung emisi gas buang berbahaya menjadi zat-zat yang tidak berbahaya. *Catalytic Converter* merupakan sebuah converter (pengubah) yang menggunakan media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya proses perubahan suatu zat (reaksi kimia) sehingga gas seperti CO dapat teroksidasi menjadi CO₂ (Springer-Verlag, New York Inc, 1970).

Media katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Media yang biasa digunakan sebagai katalis adalah logam yang mahal dan jarang seperti Palladium, Platinum dan Stainless Steel (Heisler, 1995).

Catalytic Converter yang umum dipakai ada berbagai macam bentuk, secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua golongan (Husselbee W.L., 1985), yaitu: Sistem ini sering disebut juga Single bed Oksidation, mampu mengubah CO dan HC menjadi CO₂ dan H₂O. Catalytic jenis ini beroperasi pada kendaraan udara berlebih (Excess air setting). Udara berlebih yang digunakan untuk proses oksidasi dapat diperoleh melalui pengaturan campuran miskin (Lean mixture setting) atau system injeksi udara sekunder. Jenis ini banyak digunakan pada motor diesel karena kemampuannya mengoksidasi zat-zat partikel dengan mudah.

Pada system ini terdiri dari dua system katalis yang dipasang segaris. Dimana gas buang pertama kali mengalir melalui Catalytic Reduksi dan kemudian Catalytic Oksidasi. Sistem pertama (bagian depan) merupakan katalis reduksi yang berfungsi

menurunkan emisi NO_x , sedang system kedua (bagian belakang) merupakan katalis oksida yang menurunkan emisi HC dan CO. Mesin yang dilengkapi dengan system ini biasanya dioperasikan dengan kondisi campuran kaya.

Tipe yang lain adalah Tree-Way Catalytic Converter. Pada tipe ini dirancang untuk mengurangi gas-gas polutan seperti CO, HC dan Nox yang keluar dari exhaust system dengan cara mengubah melalui reaksi kimia menjadi CO_2 . Uap air (H_2O) dan Nitrogen (N) (Emission Control Toyota, 2000).

Aplikasi pada perlakuan terhadap gas buang kendaraan bermotor dengan memasang *Catalytic Converter* banyak dikembangkan dan dilakukan oleh peneliti akhir-akhir ini. Menurut Dowden dalam bukunya "*Catalytic Hand Book*", umumnya *Catalytic Converter* yang dipakai pada kendaraan bermotor (ada di pasaran) adalah tipe pelet dan monolithic dengan bahan katalis dari logam-logam mulia seperti Paladium (Pd), Platinum (Pt), dan Rodium (Rh) (Dowden, 1970).

Logam-logam mulia tersebut memiliki aktifitas spesifik yang tinggi, namun memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500 - 900 derajat Celcius sehingga mengurangi aktifitas katalis. Selain itu logam-logam mulia tersebut mempunyai kelimpahan yang rendah dan harga yang cukup mahal.

Pemasangan *Catalytic Converter* pada saluran gas buang yang menggunakan bahan logam katalis Pd, Pt dan Rh dengan penyangga alumina, silica dan keramik, saat ini memerlukan biaya yang cukup mahal dalam pembuatannya, sulit di dapat dan kurang cocok digunakan di Indonesia yang bahan bakarnya masih ada yang mengandung Pb. Jenis *Catalytic Converter* ini dapat mengkonversi emisi gas buang (CO, HC dan NO_x) cukup tinggi (80 - 90%). (Warju, 2006)

Oleh sebab itu penggunaan logam transisi yang mempunyai kelimpahan yang tinggi dan harga relatif murah dapat menjadi salah satu alternatif. Beberapa oksida logam transisi yang cukup aktif dalam mengoksidasi emisi gas CO antara lain : CuO , NiO dan Cr_2O_3 . Beberapa bahan yang diketahui sebagai katalis oksidasi yaitu Platinum, Plutonium, nikel, Mangan, Chromium dan oksidanya dari logam-logam tersebut Sedangkan beberapa logam diketahui sebagai katalis reduksi, yaitu besi, tembaga, nikel paduan dan oksida dari bahan-bahan tersebut. (Obert, 1973).

Disamping itu beberapa logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksida dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru > Mn, Cu >> Ni > Fe > Cr > Zn dan oksida dari logam-logam tersebut (Dowden, 1970).

Penelitian yang dilakukan oleh Dwyer dengan menggunakan skala laboratorium menunjukkan bahwa aktifitas catalytic *Copper Chromite* yang merupakan campuran antara CuO dengan Cr₂O₃ lebih baik daripada campuran tunggalnya dalam mengosidasi CO.

Disamping itu masih ada logam katalis yang lebih murah, mudah dikerjakan dan mudah didapat untuk dijadikan catalytic converter antara lain : CuO/zeolite alam, Cu-Al₂O₃, Cu, Mn, Mg dan Zeolit Alam, *Catalytic Converter* jenis ini mampu mengurangi emisi gas buang (CO, HC, Nox) cukup tinggi antara 16% sampai 80% (Dwyer, 1973).

Mengingat bahaya emisi gas buang tersebut, maka perlu usaha-usaha untuk mengendalikan dan mengurangi pencemaran udara agar dampak negatif bagi manusia dapat dikurangi dan diminimalkan. Sesuai dengan program *Environment Sustainable Transportation (EST)* atau lebih dikenal dengan transportasi ramah lingkungan ada 12 program atau pendekatan yang bisa dilakukan untuk mengurangi permasalahan polusi udara yang bersumber dari sektor transportasi, salah satunya adalah *Vehicle Emissions Control* yang akan menjadi fokus kajian penelitian.

Salah satu teknologi rekayasa sebagai wujud dari *Vehicle Emission Control* adalah modifikasi saluran gas buang dengan melakukan pemasangan *Catalytic Converter* pada system pembuangan gas kendaraan bermotor. Peneliti akan melakukan penelitian dengan mengkaji dan melakukan rancang bangun *Catalytic Converter* dengan bahan Katalis Material

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun/membuat alat yang berfungsi untuk mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor yang sering disebut dengan *Catalytic Converter*, khususnya untuk mengurangi emisi gas buang Carbon Monoksida yang menjadi polutan dominan pada motor bensin. Penelitian ini juga merancang bangun Prototype *Catalytic Converter* dengan bahan katalis Tembaga berlapis Mangan (Optimum Disain) dan mengkaji efektifitas penggunaan material substrat Tembaga berlapis Mangan sebagai katalis pada *Catalytic Converter* dalam mereduksi emisi gas buang Carbon Monoksida.

METODOLOGI

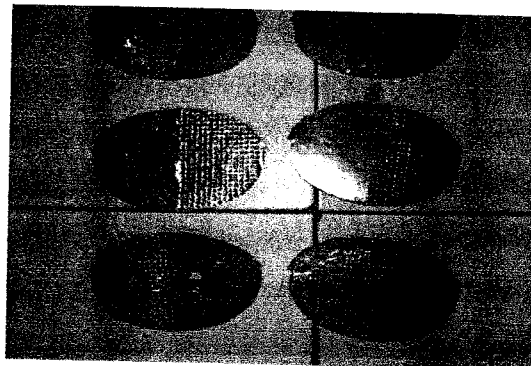
Penelitian ini berdasarkan pemikiran dan tahapan yang disusun secara sistematis. Tahap awal penelitian dilakukan dengan studi pustaka untuk memperdalam bidang yang akan diteliti baik mengenai permasalahan polusi udara dan teknologi pengendalian emisi, khususnya dalam hal rancang bangun Catalytic Converter. Studi pustaka pada penelitian terdahulu digunakan sebagai pijakan dan untuk membandingkan hasil penelitian yang nantinya di dapat dengan penelitian terdahulu, sehingga originalitas penelitian tetap terjaga dan tidak terjadi duplikasi penelitian.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian ini terdiri dari dua bagian utama yaitu konstruksi bagian dalam dan bagian konstruksi bagian luar Catalytic Converter. Konstruksi bagian dalam berupa material substrat dan washcoat yang terbuat dari logam Tembaga sebagai katalisnya, sedangkan bagian luar berupa rumah katalis (*Casing*) yang terbuat dari Stainless Steel dan ditambah support/penopang.

Material Substart

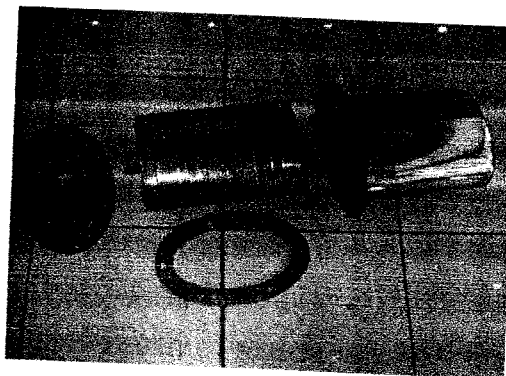
Material substrat untuk konstruksi bagian dalam terbuat dari Tembaga yang berbentuk plat berukuran 30 x 120 cm dengan ketebalan 1 mm. Plat tersebut kemudian dipotong dan dibentuk oval disesuaikan dengan bentuk *Cashingnya* dan $\frac{1}{2}$ luasan diberi lubang berdiameter 2 mm, jarak antar lubang 3 mm dan jumlah plat 15 buah. Konstruksi material Substrat diperlihatkan pada gambar 1.



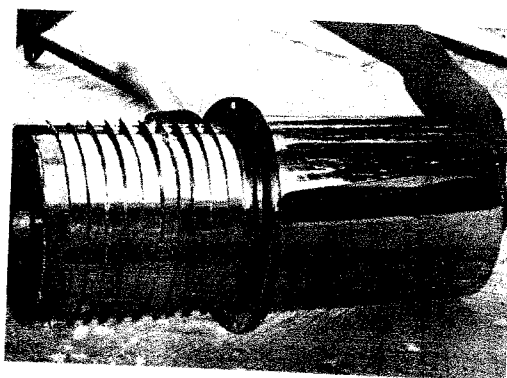
Gambar 1. Material Substrat

Cashing

Cashing adalah bagian luar dari *Catalytic Converter* yang dipilih sesuai bentuk umum yang sering digunakan terbuat dari plat baja *Stainless Steel*. *Cashing* ini memiliki penutup yang dapat dibuka dan ditutup dengan baut seperti slorokan, saat pergantian variasi jumlah sel kerangka bagian dalam. *Cashing* ini dipasang asbes yang berguna melindungi bagian dalam dengan konstruksi luar, peredam getaran, insulator panas dan menghindari kobocoran dari gas buang. Pada ujung *Cashing* dipasang *Flange* (penopang) dan diberi packing knalpot, sehingga pada saat pemasangan kondisi *Catalytic Converter* benar – benar rapat dan kencang serta tidak terjadi kebocoran emisi gas buang saat pengujian berlangsung. Konstruksi *Cashing* diperlihatkan pada gambar 2, sedangkan bagian dalam Catalic Converter pada gambar 3.



Gambar 2. Konstruksi Catalytic Converter



Gambar 3. Bagian Dalam Catalytic Converter

Persiapan Pengujian

Sebelum penelitian dan pengambilan data dilakukan oleh peneliti, perlu dipersiapkan alat-alat yang akan digunakan saat penelitian berlangsung terdiri dari :

Mesin Uji

Mesin uji yang digunakan adalah jenis mesin mobil sedan Toyota Corona 1969 CC tahun pembuatan 1980.

Gas Analyzer

Alat yang digunakan untuk menguji emisi gas buang Carbon Monoksida pada penelitian ini adalah menggunakan Gas Analyzer Qrotech Tipe QRO-401 milik PT Nasmoco yang bertempat di jalan Kaligawe Raya Semarang.



Gambar 4. Material Substrat

Thacometer.

Alat ini digunakan untuk mengetahui dan melihat perubahan putaran mesin kendaraan saat peneliti melakukan variasi putaran mesin kendaraan uji.



Gambar 5. Thacometer

Persiapan Kondisi Standart Mesin

Sebelum pengambilan data pengujian dilakukan, terlebih dahulu perlu mempersiapkan kondisi standart, sehingga mesin dalam kondisi siap untuk kerja. Adapun kegiatan yang dilakukan saat pengkondisian mesin adalah sebagai berikut: Pertama kali mengganti minyak pelumas dan memeriksa dari adanya kebocoran-kebocoran yang mungkin terjadi, kemudian melakukan Tune up mesin kendaraan uji, melakukan penggantian saringan udara, melakukan pemeriksaan air radiator, dan memeriksa system kelistrikan mobil dan accu.

Tahapan Pengambilan Data Pengujian

Pada tahap pengambilan data, peneliti melakukan kegiatan sebagai berikut antara lain: pemanasan mesin yang bertujuan untuk mempersiapkan mesin supaya siap pada kondisi pengujian. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut : pertama menghidupkan mesin dan dipanaskan selama 5 menit dalam kondisi stasioner, memeriksa kondisi mesin uji dan memastikan semua berjalan normal dan instrument berfungsi dengan baik.

Selanjutnya setelah pemanasan mesin dilakukan Kalibrasi Gas Analyzer yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Kalibrasi ini bekerja secara otomatis. Setelah selesai kalibrasi pengujian emisi gas buang siap dilakukan, adapun tahapannya sebagai berikut : Tahap pertama, Pengukuran Tanpa Catalytic Converter. Pengukuran ini memiliki tujuan untuk mengetahui konsentrasi emisi gas buang yang dikeluarkan mesin uji tanpa penambahan alat apapun juga. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dan setiap data yang didapat dicatat hasilnya untuk dianalisis.

Langkah-langkahnya sebagai berikut : pertama mesin dalam keadaan menyala, putaran idle, colok ukur dimasukkan kedalam mulut knalpot, kemudian injak pedal gas dan baca display rpm motor, kemudian baca display pada alat uji gas analyzer, catat hasil angka pengukuran pada display, ulangi langkah ke dua untuk variasi rpm yang berbeda, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, kembali ke 2500, 2000, 1500, 1000 dan sampai putaran idle kembali dan setiap pengukuran rpm yang berbeda colok ukur ditarik dari lubang knalpot.

Setelah pengukuran tanpa *Catalytic Converter* selesai, dilanjutkan dengan pengukuran dengan *Catalytic*, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut : pertama mesin uji dimatikan, kemudian pasang unit *Catalytic Converter* pada sambungan saluran gas buang setelah exhaust manifold, setelah terpasang, mesin dihidupkan kembali untuk melakukan pengukuran tahap pertama dengan jumlah katalis 5 sel, kemudian 10 sel dan 15 sel, pada saat pengantian sel katalis, pastikan tidak terjadi kebocoran gas. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali.

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel pengujian yaitu: **Variabel kendali** yang meliputi: jenis katalis berbahan Tembaga, bahan bakar premium, geometri katalis. **Variabel berubah** yang meliputi: variasi rpm mesin, jumlah plat dan jarak plat. **Variabel respon** yaitu konsentrasi emisi gas CO tanpa katalis dan konsentrasi emisi gas CO dengan katalis.

Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisa secara deskriptif dengan melihat melalui tampilan grafik-garifk yang ada untuk mengetahui hubungan dan seberapa berarti pengaruh variasi-variasi dilakukan pada penelitian ini terhadap emisi gas buang CO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

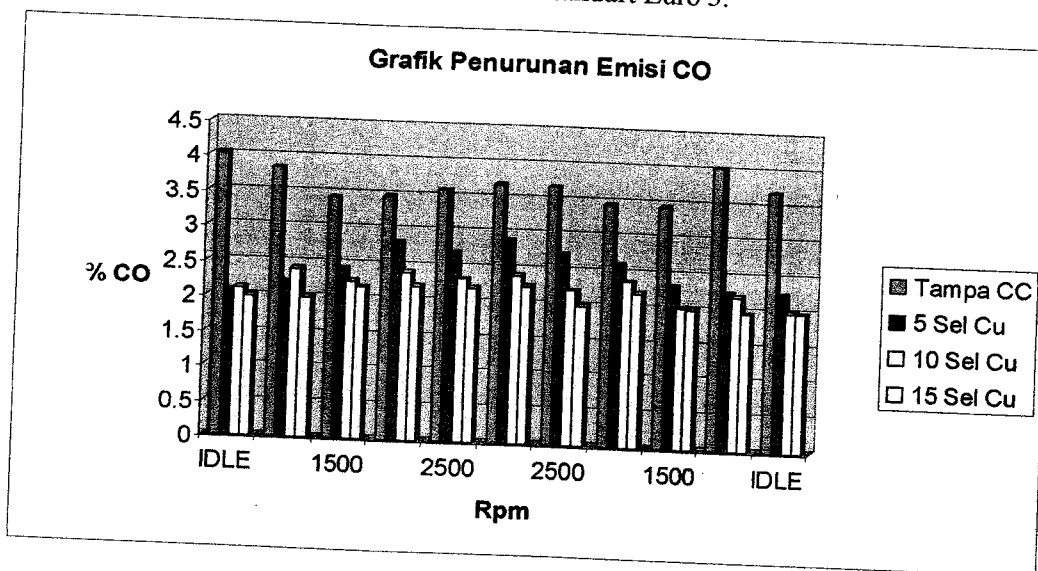
Sebagaimana telah dikemukakan oleh **Dowden (1970)** dan **Obert (1973)** bahwa logam-logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksida dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru > Mn, Cu > Ni > Fe > Cr > Zn dan oksida dari logam-logam tersebut. Merujuk pustaka di atas tersebut, maka peneliti menggunakan modifikasi material Tembaga sebagai bahan katalis pada penelitian awal dan akan dilanjutkan pada penelitian selanjutnya menggunakan Tembaga Berlapis Mangan.

Berdasarkan penelitian **Warju (2006)** pemasangan *Catalytic Converter* pada saluran gas buang yang menggunakan bahan logam katalis Pd, Pt dan Rh dengan penyangga alumina, silica dan keramik, saat ini memerlukan biaya yang cukup mahal dalam pembuatannya, sulit di dapat dan kurang cocok digunakan di Indonesia yang

bahan bakarnya masih ada yang mengandung Pb. Penelitian yang dilakukan peneliti dengan modifikasi dan penggunaan material Tembaga sebagai bahan katalis menunjukkan kemampuan dalam mengurangi emisi gas buang Carbon Monoksida, disamping itu material Tembaga memiliki kelimpahan dan lebih murah pembuatannya. Sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif dalam penggantian bahan katalis yang mahal tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian awal yang dilakukan peneliti dan pengujian yang telah dilakukan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan material substrat Tembaga (Cu) mampu menurunkan keluaran emisi gas bunag Carbon Monoksida. Penurunan emisi gas Buang Carbon Monoksida ini bervariasi sesuai dengan variasi perubahan putaran mesin yang dilakukan oleh peneliti.

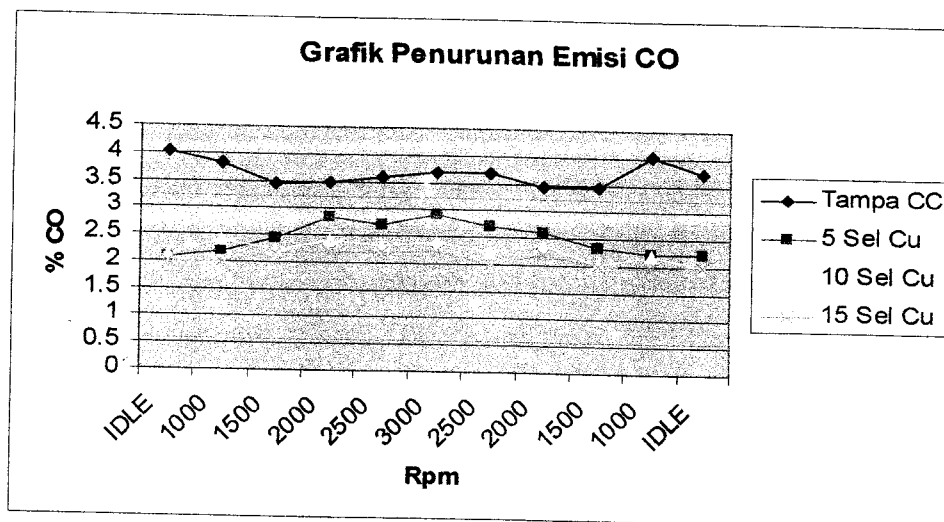
Dari hasil pengujian emisi gas buang yang telah dilakukan peneliti dengan tanpa *Catalytic Converter* dan menggunakan *Catalytic Converter* Tembaga (Cu) ditunjukkan dengan metode grafis seperti gambar 6. Dari gambar tersebut dapat dianalisis bahwa pemasangan *Catalytic Converter* dengan bahan katalis Tembaga (Cu) dapat menurunkan konsentrasi emisi gas buang Carbon Monoksida sebesar **30,51 %**. (dari konsentrasi CO 3,7 % turun menjadi 2,4 %). Penggunaan *Catalytic Converter* secara langsung dapat menurunkan konsentrasi emisi gas CO dan masih sesuai dengan standart kelayakan baku mutu international standart Euro 3.



Gambar 6. Grafik Penurunan Emisi CO dengan Material Substrat Cu

Dari gambar 6 tersebut menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi emisi gas buang Carbon Monoksida semakin meningkat dengan penambahan lapisan/jumlah sel katalis yang dipasang pada Catalytic Converter. Penurunan emisi gas buang tersebut tiap variasi perubahan rpm yang berbeda, tampak dalam gambar terjadi fluktuasi. Fluktuasi ini disebabkan adanya perubahan campuran bahan bakar dan udara yang berbeda saat masuk ke dalam ruang bakar. Tren naik-turun merupakan hal yang wajar, mengingat kendaraan uji masih menggunakan system karburator (bahan bakar tidak dapat optimal) belum menggunakan sistem bahan bakar injeksi elektronik seperti sistem EFI. Pada system EFI jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dapat optimal untuk tiap variasi putaran rpm.

Penyajian dalam bentuk metode grafis lain dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Penurunan Emisi CO dengan Material Substrat Cu

KESIMPULAN

1. Rancang bangun dan modifikasi bahan katalis bisa menjadi alternatif untuk mengatasi tingginya polusi udara dari sektor transportasi, khususnya emisi gas buang Carbon Monoksida dari motor bensin.
2. Penambahan jumlah lapisan sel katalis material substrat Tembaga menunjukkan peningkatan penurunan emisi gas buang Carbon Monoksida.
3. *Catalytic Converter* dengan bahan katalis material Substrat Tembaga dapat menurunkan emisi gas buang Carbon Monoksida motor bensin signifikan mencapai 30,51 %.

SARAN

Mengingat *Catalytic Converter* Tembaga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti *Catalytic Converter* yang sudah ada dipasaran, namun masih ada kemungkinan untuk dikembangkan lagi dengan menggunakan logam lain yang dapat dijadikan sebagai bahan katalis (variasi bahan).

DAFTAR PUSTAKA

- Aris M.** 2005, *Penggunaan Cu Murni di Exhaust Muffler dalam Upaya Pengurangan Emisi Gas Buang*, Institut Teknologi Subaraya.
- Arismunandar W.** 2002, *Penggerak Mula : Motor bakar*, Edisi 5, Intitut Teknologi Bandung
- Arya, W. Wisnu,** 1999, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Cetakan Kedua, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Arcadio P. Sincero Sr, Gregoria A. Aincero,** 1995, *Environmental Engineering A Design Approach. A Prentice Hall Company*, New Jersey.
- Aryanto A, Razif M,** 2000, *Study Penggunaan Tembaga (Cu) Sebagai Catalytic Converter Pada Knalpot Sepeda Motor Dua Tak Terhadap Emisi Gas CO* (jurnal), Teknik Lingkungan, ITS.
- Bachrun,** 1993, *Pohusi Udara Perkotaan, Pemantauan dan Pengaturan*, Lab Termodinamika PAU Intitut Teknologi Bandung, Bandung.
- Balenovi. M,** 2002, *Modeling and Model-Based Control of a Three-Way Catalytic Converter*
- Bapedal,** 1996, *Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara*, Semarang.
- Budhi Y.G.; Habibi M.** 2009, *Kelakuan Dinamik Catalytik Converter pada Kondisi Hot-Run untuk Oksidasi CO*, Institut Teknologi Subaraya.
- Darsono, Valentino,** 1995, *Pengantar Ilmu Lingkungan*, Edisi revisi, Penerbit UniversitasAirlangga, Yogyakarta.
- Dirjen Perhubungan Darat,** 2000, *Program Langit Biru dan Konservasi Energi* (Jurnal).
- Dowden D.A., atall,** 1970, *Catalytic Hand Book*, Verlag New York, Inc

- Fitiriyana, A.** 2002, *Uji kemampuan Catalytic Converter Tembaga Nikel (CuNi) untuk Mereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Premium*, Institut Teknologi Subaraya.
- Hakam. M ; Sungkono. J.** 2006, *Analisa Pengaruh Penggunaan Logam Tembaga sebagai Katalis pada Saluran Gas Buang Mesin Bensin Empat Langkah terhadap Konsentrasi Polutan CO dan HC.*
- Harsanto,** 2001, *Pencemaran Udara, Pengaruh Serta Cara a Penanggulangannya* (Jurnal)
- HeislerH.,** 1995, *Advanced Engine Tecnology Hodder Headline Group*, London.
- Intisari,** 1998, *Merenda Birunya Langit Kota* (Jurnal).
- Irawan B. ,** 2003, *Rancang Bangun Catalytic Converter dengan Material Substrat Tembaga (Cu) untuk Mereduksi Emisi Gas CO*, Tesis MIL UNDIP
- Irawan B.,** 2006, *Pengaruh Catalytic Converter Kuningan Terhadap Keluaran Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Irawan B. ,** 2007, *Pengaruh Letak Pemasangan Catalytic Converter Terhadap Keluaran Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Irawan B. ,**2010, *Modifikasi Catalytic Converter Kuningan Untuk Mereduksi Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Jenbacher.** 1996, *Combustion Engines I Vol I*
- Jenbacher.** 1996, *Combustion Engines II Vol II*
- Jenbacher.** 1996, *Spark Ignition Engine Design Vol 3*
- J. C. Prince, C. Trevino, and M. Diaz,** 2008, *Modeling a Catalytic Converter for CO and NO Emissions.*
- Krisbayu. A.** 2001, *Pengaruh injeksi Oksigen pada Catalytic Converter Oksida Tembaga (CuO) terhadap Penurunan CO dan HC Motor Bensin.*
- Mathur, Sharma L.** 1975, *Internal Combustion Engine. Second Edition.* McGraw-Hill Book Company, Inc, New York
- Obert. Erdward F. ,** 1973, *Internal Combustion Engine and Air Pollution, Third Edition.* Harper & Row, Publisher, Inc, New York
- Palguna,** 2010, *Pengendalian Pencemaran Emisi Sumber Bergerak*, KLH

- Peavy H.S., D.R. Rowe and G. Tchobanoglous**, 1985, *Environmental Engineering*.
Mc. Graw-Hill. Inc, Singapore
- Pelangi**, 1997, *The Study on The Intregated air Quality Management for Jakarta Metropolitan Area* (Jurnal).
- Pelangi**, 1999, *Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor* (Jurnal).
- Pramudya S.**, 2001, *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, Terbitan pertama, PT. Gramedia Indonesia, Jakarta.
- Setyowarno. D.** 2010, *Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di Semarang*, Suara merdeka
- Sitepoe, Mangku**, 1997, *Usaha Mencegah Pencemaran Udara*, Terbitan pertama, PT Gransindo, Jakarta
- Sitorus, Ronal H, dkk**, 2000, *Reparasi dan Perawatan Mobil*. Pionir jaya, Bandung
- Samin T. And Shen H.** 2003, *Effect of Geometric Parameter on The Performance of Automotive Catalytic Converter*.
- Springer - Verlag New York Inc**, 1970, *Catalyst Hanbook. Walfe Scintific Book*, London - England.
- Surdia T**, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Pertama, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Swisscontact**, 2003, *Clean Air Project*, Jakarta.
- Toyota-Astra Motor Service Division.** 1998, *Dasar-Dasar Automobil*. Jakarta.
- Toyota Training Center**, 2000, *Emission Control Step Two*. Jakarta.
- V.A.W Heller**, 1995, *Fundamental Motor Vehicle Technology*, Edisi ke-4, FIMI Stanley Thorne (Publisehers) Ltd.
- Warju**, 2003, *Eksperimen tentang pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Kuningan Berlapis Crom Terhadap Emisi Gas Buang Co dan HC pada Mesin Toyota Kijang Tipe 4K*. Institut Teknologi Surabaya.
- Warju**, 2006, *Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Tembaga berlapis Mangan Terhadap Kadar Polutan Motor Bensin Empat langkah*. Institut Teknologi Surabaya.
- William L.H.**, 1985, *Automotive Cooling Exhaust, Fuel and Lubricating Systems. A Prentice Hall Company*, Reston, Virginia.

Wolf. P.C, 1971, *Carbon Monoxide - Measurement and Monitorong in Urban Air Environment*, Sei and Technol.

Yusad Y., 2003. *Polusi Udara di kota Besar Dunia*. Fakultas Kesehatan Masyarakat USU Medan.

PENULIS

RM. Bagus Irawan¹, Purwanto², Hadiyanto³

Program Doktor Ilmu Lingkungan

Program Pascasarjana Universitas Diponegoro

Jl. Imam Barjo SH No. 5 Semarang

E-mail : bagusirawanmail@yahoo.com, p.purwanto@undip.ac.id

¹ Dosen S1 Teknik Mesin UNIMUS (Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana UNDIP)

² Dosen teknik Kimia UNDIP (Promotor Disertasi)

³ Dosen Teknik Kimia UNDIP (Co. Promotor Disertasi)