

RANCANG BANGUN MODIFIKASI CATALYTIC CONVERTER DENGAN MATERIAL SUBSTRAT TEMBAGA (Cu) PADA SALURAN GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG CARBON MONOKSIDA

RM. Bagus Irawan

Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang

Salah satu teknologi rekaya yang untuk mengurangi polusi udara adalah pemakaian catalytic Converter yang dipasang pada saluran gas buang kendaraan bermotor. Pada penelitian ini perancangan Catalytic Converter dibuat dengan menggunakan material substrat tembaga (Cu) sebagai katalisnya yang didisain sedemikian rupa tanpa meninggalkan aspek sederhana, murah dan efisien. Penelitian explorasi laboratories ini dilakukan dengan menguji emisi gas buang CO sebelum dan sesudah pemasangan Catalytic Converter menggunakan Alat Gas Analyzer dengan beberapa variasi putaran dan variasi jumlah lapisan katalis. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penambahan jumlah lapisan katalis meningkatkan efisiensi penurunan konsentrasi CO. Pada jumlah lapisan 5 sel efisiensi sebesar 10,68 %, jumlah 10 sel efisiensi sebesar 28,9 % dan untuk jumlah sel 20 sebesar 38,05 %. Namun demikian konsentrasi yang dihasilkan sangat erat hubungannya dengan campuran bahan bakar dan udara serta perubahan variasi mesin.

Kata kunci : Catalytic Converter, katalis Cu, Konsentrasi CO

Pendahuluan

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Dimana sector transportasi darat jalan raya merupakan salah satu sumber polutan dominan penyumbang tingkat polusi udara yang berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Dari tahun ke tahun polutan tersebut meningkat sebanding dengan meningkatnya pemakaian kendaraan bermotor.

Data sumber Statistik Dirjen Perhubungan Darat tahun 2000 menunjukkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup pesat yang mencapai 8,38 % / tahun dari 13 juta kendaraan di tahun 1995 menjadi hampir mendekati angka 20 juta pada tahun 2000. Pertumbuhan tersebut sudah barang tentu akan membawa pengaruh meningkatnya pemakaian Bahan Bakar Minyak dan dengan sendirinya polusi udara akibat dari emisi buang kendaraan bermotor menjadi tidak dapat terelakkan lagi.

Penelitian terdahulu menjelaskan bahwa kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar terbesar dan memberikan kontribusi emisi gas **Carbon Monoksida sebesar 67 % dari total polutan yang ada (Intisari, 1998)**. Kontribusi emisi gas buang Carbon monoksida tersebut terbentuk akibat proses pembakaran bahan bakar yang kurang sempurna di dalam ruang bakar.

Salah satu teknologi yang digunakan untuk mereduksi emisi gas CO adalah dengan pemasangan Catalytic Converter yang dipasang pada system saluran pembuangan emisi gas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat reduksi tersebut yang berbahan Tembaga sebagai katalisnya dan ingin mengetahui efisiensi katalis Tembaga (Cu) terhadap emisi gas CO sebelum dan sesudah pemakaian Catalytic. Penelitian ini diharapkan dapat membantu problem mengatasi pencemaran udara dengan pendekatan dan pemanfaatan teknologi rekayasa

Tinjauan Pustaka

Polusi udara dapat dirasakan semakin hari kian meningkat terutama di daerah yang kepadatan lalu-lintasnya cukup tinggi serta di lokasi industri padat yang kurang memperhatikan dampak lingkungan (**Pramudya, 2001**).

Sumber Polusi Udara Dari Transportasi.

Polusi udara yang disebabkan oleh transportasi darat yang dinilai sangat dominan salah satunya adalah gas buang kendaraan bermotor. Dimana kontribusi terbesar dari seluruh polutan yang ada adalah gas Carbon Monoksida, seperti terlihat pada tabel 1.. dibawah ini :

Tabel 1. Sumber polusi udara tahun 1980

SUMBER	Polusi (dalam juta ton per tahun)					
	CO	Part	SOx	HC	NOx	Total
Transportasi	69,1	1,4	0,9	7,8	9,1	88,3
Pembakaran bahan bakar	2,1	1,4	19,0	0,2	10,6	33,3
Proses industri	5,8	3,7	3,8	10,8	0,7	24,8
Pembuangan limbah padat	2,2	0,4	0,0	0,6	0,1	3,3
Lain-2 (k. hutan, pertanian)	6,2	0,9	0,0	2,4	0,2	9,7
Total	85,4	7,8	23,7	21,8	20,7	159,4

(Sumber : Howard S. Peavy, 1985)

Sedangkan dilihat dari jenis bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan, besarnya kontribusi emisi gas buang yang diteliti oleh Pertamina ditunjukkan pada tabel halaman berikut : (Pertamina Jakarta, 2001)

Tabel 2.3. Kontribusi gas buang berdasarkan jenis bahan bakar

Jenis Gas Buang	Kontribusi Berdasarkan jenis BBM	
	Bensin (%)	Diesel (%)
Karbonmonoksida (CO)	89,0	11,0
Hidrokarbon	73,0	27,0
NO _x	61,0	39,0
SO ₂	15,0	85,0
Timah Hitam (Pb)	100,0	0,0
CO ₂	53,0	47,0
Asap	1,0	99,0

(Sumber : Pertamina Jakarta, 2001)

Proses Pembentukan Carbon Monoksida dalam gas Buang.

Gas Carbon Monoksida dihasilkan dari 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 dan udara yang masuk dalam ruang bakar. Menurut teori bila terdapat oksigen yang melebihi perbandingan campuran teori / ideal (campuran menjadi terlalu kurus) maka tidak akan terbentuk CO. Tetapi kenyataannya CO juga dihasilkan pada saat kondisi campuran kurus. Tiga alasan untuk kondisi diatas adalah :

- Pada proses selanjutnya CO akan berubah menjadi CO₂ ,
- $2C + O_2 \longrightarrow 2CO$
- $2CO + O_2 \longrightarrow CO_2$
- Akan tetapi reaksi ini lambat dan tidak dapat merubah seluruh sisa CO menjadi CO₂. Oleh sebab itu campuran yang kurus sekalipun masih juga menghasilkan emisi CO.
- Pembakaran yang tidak merata yang ditimbulkan dari tidak meratanya suplai / distribusi bahan bakar di dalam ruang bakar.
- Temperatur di sekeliling silinder yang rendah, yang pada akhirnya menyebabkan peristiwa **Quenching**, artinya temperatur terlalu rendah untuk terjadinya pembakaran, sehingga api tidak mencapai daerah ini di dalam silinder.

Teknologi Pengontrolan Emisi.

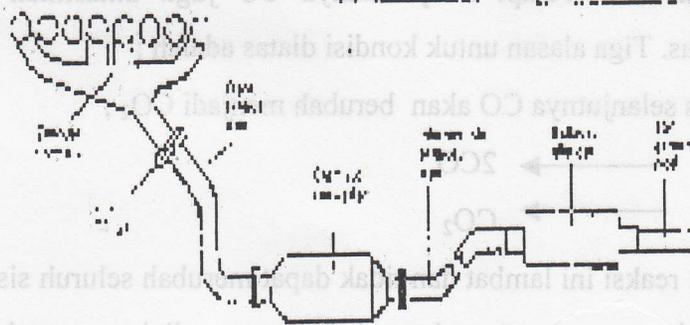
Pengontrolan emisi yang dilakukan untuk mereduksi gas buang yang berbahaya pada kendaraan bermotor sudah banyak dilakukan, terutama di negara-negara maju. Metode dan teknik yang dilakukan ada beberapa macam, antara lain dengan jalan melakukan pemilihan bahan bakar, pemilihan proses dan perawatan mesin. Untuk mereduksi gas buang kendaraan bermotor tersebut, metode yang biasanya dipakai adalah :

- Modifikasi Mesin.
- Modifikasi pada saluran gas buang.
- Modifikasi penggunaan bahan bakar atau system bahan bakarnya.

Pada penelitian ini metode ke dua yang akan dipakai untuk mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor yaitu dengan pembuatan dan pemasangan catalytic converter pada saluran gas buang.

Catalytic Converter.

Catalytic converter merupakan alat yang digunakan sebagai kontrol emisi gas buang yang diletakkan setelah exhaust manifold pada system pembuangan kendaraan bermotor (Husselbee, 1985).



Gambar 1. System gas buang dengan catalytic converter (Heisler, 1995)

Katalis.

Katalis merupakan suatu zat yang mempengaruhi kecepatan reaksi tetapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangan kimia pada akhir reaksi. Di dunia industri katalis telah digunakan secara luas, terutama pada industri

kimia. Akhir-akhir ini katalis juga digunakan untuk menangani masalah polusi udara, terutama untuk mengurangi emisi gas Carbon Monoksida pada kendaraan bermotor.

Bahan – bahan yang dapat digunakan sebagai katalis adalah menggunakan logam – logam mulia antara lain Platinum, Rhodium dan Palladium. Namun karena jumlahnya terbatas dan harga mahal maka membatasi pemakaiannya.

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan pengujian dengan menggunakan logam Tembaga (Cu) berupa kawat email yang dibentuk menjadi lilitan yang dipasang pada knalpot sepeda motor dua tak. Katalis Cu ini mampu mereduksi emisi gas Carbon Monoksida (CO) sampai 5,78 %. Dengan semakin banyaknya jumlah lilitan Cu terdapat kecenderungan penurunan kadar CO. (Aryanto, Arief, 2000).

Dari hasil penelitian tersebut maka akan digunakan pula logam Tembaga (Cu) yang akan diujikan pada kendaraan bermotor roda empat. Pemilihan katalis tersebut juga didasari oleh harga yang relatif murah dan banyak terdapat di pasaran.

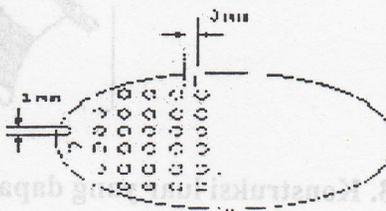
Metodelogi Penelitian

Bahan Penelitian.

Pembuatan bahan penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu konstruksi bagian dalam dan bagian luar Catalytic Converter. Konstruksi bagian dalam berupa material substrat dan washcoat sedangkan bagian luar berupa rumah katalis (chasing) dan Penopang.

Material Substart.

Material substrat untuk konstruksi bagian dalam terbuat dari Tembaga (Cu) yang berbentuk plat berukuran 30 x 120 cm dengan ketebalan 0,6 mm. Plat tersebut kemudian dipotong dan dibentuk oval disesuaikan dengan bentuk chasingnya dan $\frac{1}{2}$ luasan diberi lubang berdiameter 2 mm, jarak antar lubang 3 mm dan jumlah plat 35 buah.



Gambar 2. Material Substrat

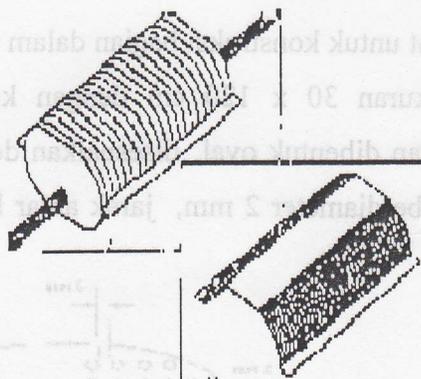
Penggunaan bahan ini karena tembaga memiliki beberapa kelebihan antara lain : tahan terhadap temperatur tinggi, mempunyai life time yang lebih lama dari jenis logam lain, mudah dijumpai di pasaran, mampu bentuk dan harga relatif murah (Degobet, 1995 dan Mirmanto, 1999)

Washcoat

Washcoat merupakan bahan yang dilapiskan pada material substrat yang berfungsi sebagai bahan aktif katalis. Washcoat tersebut dapat meningkatkan kemampuan reduksi emisi gas buang. Namun karena penelitian ini ingin mengetahui kemampuan dan efektifitas logam Tembaga (Cu) tanpa adanya bahan lain yang dilapisi, maka tidak ditambahkan bahan tersebut.

Chasing

Chasing adalah bagian luar dari catalytic Converter yang dipilih sesuai bentuk umum yang sering digunakan terbuat dari plat baja. Chasing ini memiliki penutup yang dapat dibuka dan ditutup dengan baut, saat pergantian variasi jumlah sel kerangka bagian dalam. Chasing ini dipasang asbes yang berguna melindungi bagian dalam dengan konstruksi luar, peredam getaran, insulator panas dan menghindari kobocoran dari gas buang. Pada ujung Chasing dipasang Flange (penopang) dan diberi packing knalpot, sehingga pada saat pemasangan kondisi Catalytic Converter benar – benar rapat dan kencang.



Gambar 3. Konstruksi luar yang dapat dibuka dan ditutup

Persiapan Pengujian.

Alat-alat Pengujian.

Alat pengujian terdiri dari :

- Mesin Uji Mesin Toyota Corona 2000 CC tahun 1980
- Gas Anayzer.
- Pencatat waktu (Stop Watch).
- Gelas Ukur.
- Termocoupep.
- Thacometer.

Persiapan Kondisi Standart Mesin.

Sebelum pengujian emisi gas buang berlangsung, terlebih dahulu mempersiapkan kondisi standart mesin sehingga siap pada kondisi kerja.

Tahapan Pengujian.

Pengujian ini dilakukan dua tahapan yaitu : pertama pengujian logam yang digunakan sebagai bahan katalis dan kedua pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor yang sebelumnya didahului dengan pemanasan mesin dan kalibrasi gas analyzer.

Pengujian Logam.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia bahan yang akan digunakan sebagai katalis. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Uji Logam PT. Texmaco Perkasa Enginnering Kendal.

Pemanasan Mesin.

Tujuan dilakukannya pemanasan mesin adalah untuk mempersiapkan mesin supaya pada kondisi kerja.

Kalibrasi Gas Analyzer.

Setelah mesin berada pada kondisi kerja kemudian dilakukan kalibrasi gas analyzer. Kalibrasi ini dilakukan secara otomatis.

Pengujian Emisi Gas dengan Pengukuran Tanpa Catalytic Converter.

Pengukuran ini memiliki tujuan untuk mengetahui jumlah emisi gas buang yang dikeluarkan oleh mesin uji. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran ini digunakan sebagai pembandingan dengan data pada pengukuran dengan menggunakan Catalytic Converter. Langkah – langkah pengukuran sebagai berikut :

- Mesin dalam keadaan menyala dalam kondisi idle dan probe sensor telah dimasukkan dalam knalpot.
- Stop watch dinyalakan.
- Lihat gelas ukur yang berisi bahan bakar, ketika akan habis nilai pada gas analyzer mulai dicatat. Pencatatan dicari pada kondisi angka pada display yang telah stabil.
- Ketika bensin telah habis, stop watch dimatikan (waktu yang tercatat merupakan waktu lamanya pengukuran. Dan gelas ukur kembali diisi untuk pengukuran selanjutnya.
- Kemudian dengan langkah yang sama pula, pengukuran dilakukan kembali untuk putaran mesin yang berbeda yaitu idle, 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm lalu turun pada 2000 rpm, 1000 rpm dan kembali pada putaran idle.
- Setelah langkah tersebut selesai, maka pengukuran pertama tanpa catalytic converter telah selesai.

Pengujian emisi Gas dengan Pengukuran Dengan Catalytic Converter.

Setelah pengukuran pertama selesai maka pengukuran kedua dilakukan dengan langkah–langkah sebagai berikut :

- Setelah mesin dimatikan unit Catalytic Converter dipasang pada knalpot mesin dengan melepas flange sambungan pipa knalpot. Kencangkan baut flange dan pastikan dalam kondisi rapat dan tidak ada kebocoran.
- Setelah unit Catalytic Converter terpasang, mesin dihidupkan kembali, lalu pengukuran diulangi kembali sesuai urutan pengukuran pertama.
- Pengukuran dilakukan dengan pergantian variasi sel Catalytic Converter yaitu : 5, 10, 20 sel Tembaga murni.
- Pengukuran pertama dan kedua dilakukan 3 x percobaan untuk tiap variasi putaran mesin.

Variabel Penelitian.

- Variabel kendali yang meliputi jenis bahan bakar yang digunakan adalah premium, tebal plat untuk katalis adalah 0,6 mm dan jumlah lubang plat yang digunakan adalah 180 lubang, diameter lubang 2 mm dan jarak antar lubang 3 mm.
- Variabel berubah yang meliputi variasi rpm mesin dari putaran idle, 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, turun kembali ke 2000 rpm, 1000 rpm dan idle. Jumlah plat yang digunakan 5, 10, 20 buah dan jarak plat menyesuaikan jumlah plat.
- Variabel respon yang meliputi konsentrasi emisi gas tanpa katalis dan konsentrasi emisi gas dengan katalis.

Analisis data.

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

Tempat Penelitian.

Pengujian dilakukan di laboratorium engine BMW ASTRA MOBIL Siliwangi Semarang.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Logam.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di PT Texmaco Perkasa Engineering, diperoleh komposisi kimia bahan pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil pengujian logam Tembaga

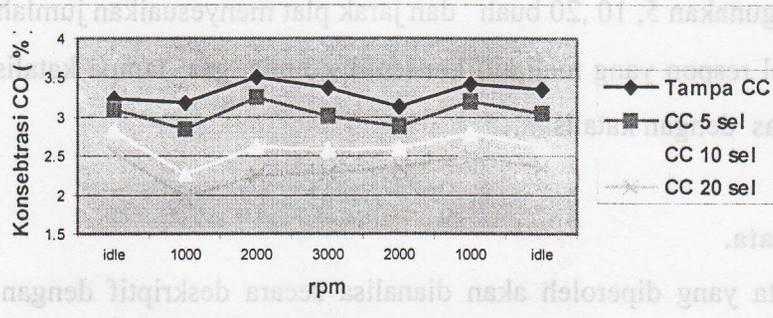
No	Parameter	Kadar (%)	No	Parameter	Kadar (%)
1	Cu	99,993	6	Mn	0
2	Si	0,0015	7	Cr	0
3	S	0,0049	8	Mo	0
4	C	0	9	Mg	0
5	P	0	10	Fe	0

(Sumber : Hasil Uji di PT. Texmaco , 2003)

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa jenis logam yang digunakan untuk katalis pada catalytic Converter adalah tembaga murni dengan kadar 99,993 %.

Pengaruh Pemakaian Catalytic Converter Terhadap Penurunan Konsentrasi Emisi Gas Carbon Monoksida.

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap mesin Toyota Corona buatan tahun 1980 dengan penambahan Catalytic Converter Tembaga (Cu) murni 5 sel, 10 sel dan 20 sel diperoleh data konsentrasi emisi gas Carbon Monoksida yang kemudian dibuat grafik dibawah ini :



Gambar 1. Grafik pengaruh pemakaian Catalytic Converter terhadap konsentrasi CO yang dihasilkan

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa emisi CO secara keseluruhan mengalami penurunan konsentrasi pada setiap variasi putaran naik, dari putaran idle hingga putaran 3000 rpm dan pada putaran turun sampai putaran idle yang dilakukan saat pengujian berlangsung. **Penurunan tersebut akibat dari pemakaian Catalytic converter yang dipasang pada saluran gas buang kendaraan.**

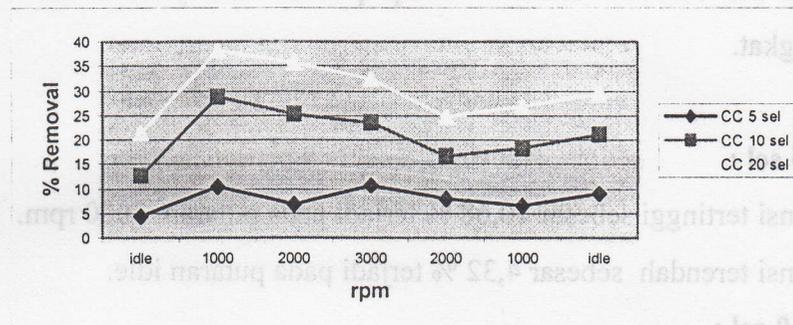
Dari gambar tersebut terlihat bahwa penurunan emisi CO terbesar adalah pada lapisan katalis yang berjumlah 20 sel. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lapisan katalis yang digunakan dan dipasang pada konstruksi dalam Catalytic Converter akan meningkatkan penurunan konsentrasi emisi CO lebih besar.

Efisiensi Removal Emisi Gas Buang CO oleh Catalytic Converter.

Dari pengujian yang dilakukan dengan penambahan Catalytic Converter didapatkan hasil bahwa terjadi removal atau penurunan pada konsentrasi emisi gas buang Carbon Monoksida pada tiap variasi sel yang dilakukan. Efisiensi removal merupakan indikasi reduksi dari emisi gas buang CO oleh Catalytic Converter. Efisiensi konversi ini tergantung oleh factor utama yaitu air fuel ratio atau lambda. Kemampuan konversi dari Catalytic Converter Tembaga untuk mereduksi konsentrasi gas CO pada mesin uji dapat dilihat pada dibawah ;

Efisiensi konversi konsentrasi CO Catalytic Converter Cu 5 sel tiap putaran mesin berbeda. Konversi terbesar terjadi pada putaran turun 3000 rpm yaitu sebesar 10,68 %. Sedangkan konversi terendah terjadi pada putaran idle yaitu sebesar 4,32 %.

Pada Catalytic Converter Cu 10 sel rata – rata lebih besar dibandingkan dengan 5 sel pada setiap variasi putarannya. Efisiensi konversi tertinggi pada putaran naik 1000 rpm yaitu sebesar 28,9 %. Sedangkan efisiensi terendah pada putaran idle yaitu sebesar 12,65 %.



Gambar 2. Grafik efisiensi removal emisi CO dengan Catalytic Converter Tembaga (Cu) 5 sel , 10 sel dan 20 sel

Efisiensi removal semakin meningkat untuk tiap variasi putaran mesinnya pada jumlah katalis 20 sel. Efisiensi tertinggi pada putaran naik 1000 rpm yaitu sebesar 38,05 %. Sedangkan efisiensi terendah terjadi pada putaran turun 2000 rpm yaitu sebesar 21,29 %.

Pada putaran idle untuk variasi sel yang digunakan menunjukkan bahwa tingkat efisiensi removal CO masih rendah, hal ini disebabkan karena suhu pembakaran dan suhu dalam chasing yang belum tinggi sehingga CO belum teroksidasi secara sempurna. Pada putaran selanjutnya terjadi fluktuasi efisiensi removal CO yang diakibatkan dari tidak homogenitasnya campuran bahan bakar dan udara sejak dari suplai awal exhaust manifold sebelum masuk ke Catalytic Converter. Hal ini dapat dilihat dari naik turunnya nilai lambda pada tiap variasi putaran dan variasi sel yang digunakan dalam penelitian.

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa dengan penambahan sel katalis yang digunakan akan meningkatkan efisiensi removal CO dan sekaligus menunjukkan efektifitas Catalytic Converter Tembaga Cu. Namun penambahan jumlah sel yang digunakan sangat tergantung dari konstruksi Chasing (konstruksi luar). Kesulitan pemasangan pada saluran buang karena ukuran yang terlalu panjang, membatasinya.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pemakaian Catalytic Converter Tembaga (Cu) dapat menurunkan konsentrasi emisi Carbon Monoksida, dimana terjadi penurunan terbesar pada pemakaian 20 sel
- Efisiensi removal emisi gas buang CO untuk tiap variasi putaran mesin dan variasi jumlah sel berbeda. Dimana setiap penambahan jumlah sel efisiensi semakin meningkat.

Katalis 5 sel :

- Efisiensi tertinggi sebesar 10,68 % terjadi pada putaran 3000 rpm.
- Efisiensi terendah sebesar 4,32 % terjadi pada putaran idle.

Katalis 10 sel :

- Efisiensi tertinggi sebesar 28,9 % terjadi pada putaran naik 1000 rpm.
- Efisiensi terendah sebesar 12,65 % terjadi pada putaran idle.

Katalis 20 sel

- Efisiensi tertinggi sebesar 38,05 % pada putaran naik 1000 rpm.
- Efisiensi terendah sebesar 21,29 % pada putaran turun idle.

Saran

Catalytic Converter Tembaga (Cu) dapat diterapkan untuk alternatif pengganti Datalytic Converter yang sudah ada dipasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Bapedal, 1996, *Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara*, Semarang.

- Cahyono A, Razif M, Mursid M**, *Pengaruh Katalis Oksida Tembaga + Krom Terhadap Putaran Mesin kendaraan Bermotor* (jurnal),Teknik Lingkungan &Teknik Mesin ITS.
- Darsono, Valentino**, 1995, *Pengantar Ilmu Lingkungan*, Edisi revisi, Penerbit UniversitasAirlangga, Yogyakarta.
- Dirjen Perhubungan Darat**, 2000, *Program Langit Biru dan Konservasi Energi* (Jurnal).
- Harsanto**, 2001, *Pencemaran Udara, Pengaruh Serta Cara Penanggulangannya* (Jurnal)
- Heinz Heisler**, 1995, *Advanced Engine Tecnology* Hodder Headline Group, London.
- Howard S Peavy, Donald R Rowe, George Tchaobanoglous**, 1985, *Environmental Engineering*, Megraw – Hill Book Co.
- Intisari**, 1998, *Merenda Birunya Langit Kota* (Jurnal).
- 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).
- Sitepoe, Mangku** , 1997, *Usaha Mencegah Pencemaran Udara*, Terbitan pertama, PT Gransindo, Jakarta
- Springer – Verlag New York Inc**, 1970, *Catalyst Hanbook. Walfe Scintific Book*, London – England.
- Sunu, Pramudya**, 2001, *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, Terbitan pertama, PT. Gramedia Indonesia, Jakarta.
- Surdia, Tata**, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Pertama, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Toyota Training center**, 2000, *Emission Control Step Two*.
- V.A.W Heller**, 1995, *Fundamental Motor Vehicle Technology*, Edisi ke-4, FIMI Stanley Thorne (Publisehers) Ltd.
- William L.Husselbee**, 1985, *Automotive Cooling Exhaust, Fuel and Lubricating Systems. A Prentice Hall Company*, Reston, Virginia.
- Wolf, PC**, 1971, *Carbon Monoxide – Measurement and Monitorong in Urban Air Environment*, Sei and Technol.