

# Efisiensi Katalitik Konverter dalam Mengurangi Emisi Karbon Monoksida dan Hidrokarbon pada Bahan Bakar Bensin 88

Maymuchar<sup>1)</sup>, dan Dimitri Rulianto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Peneliti Muda, <sup>2)</sup>Calon Peneliti, pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS" Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230, Indonesia  
Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150  
Teregistrasi I Tanggal 3 Maret 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal 3 Mei 2011  
Disetujui terbit tanggal: 26 Agustus 2011

## S A R I

Karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) merupakan sebagian dari gas buang produk dari proses pembakaran pada mesin kendaraan. Salah satu usaha untuk mengurangi gas buang ini adalah dengan menggunakan teknologi *aftertreatment*. Teknologi *aftertreatment* pada kendaraan berbahan bakar bensin adalah katalitik konverter. Proses oksidasi yang terjadi pada katalitik konverter akan mengubah sebagian CO dan HC menjadi CO<sub>2</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi katalitik konverter pada kendaraan yang berbahan bakar bensin 88 tanpa timbal. Pengukuran emisi gas buang dilakukan sebelum uji jalan (0 km), setiap 2.500 km sampai 10.000 km. Efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi CO sebesar 31,4% pada jarak tempuh 0 km dan menurun menjadi 25,9% pada jarak tempuh 10.000 km. Sedangkan efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi HC sebesar 29,9% pada jarak tempuh 0 km dan menurun menjadi 13,2% pada jarak tempuh 10.000 km. Kandungan sulfur dan timbal serta teknologi mesin menjadi faktor mempercepat turunnya efisiensi katalitik konverter.

**Kata kunci:** katalitik konverter, efisiensi, emisi CO dan HC, bensin 88

## ABSTRACT

*Carbonmonooxide (CO) and unburn hydrocarbon (HC) is part of the vehicle emission. One of the attempts to reduce the emission is by using the aftertreatment technology. The aftertreatment technology in the gasoline vehicles is called a catalytic converter. The oxidation process in the catalytic converter changes part of CO and HC into CO<sub>2</sub>. This research aims to find out the catalytic converter efficiency on the vehicles which use 88 unleaded gasoline. The emission measurement is carried out at before the road test (0 km), at every 2.500 km up to 10.000 km. The catalytic converter efficiency in reducing CO emission is 31,4% at 0 km mileage and decreases to 25,9% at the 10.000 km mileage. The catalytic converter efficiency in reducing HC emission is 29,9% at 0 km mileage and decreases to 13,2% at the 10.000 km mileage. Sulphur and lead content on gasoline, as well as engine technology are the factors that accelerate the decreasing catalytic converter efficiency.*

**Keywords:** catalytic converter, efficiency, CO and HC emission, gasoline 88

## I. PENDAHULUAN

Pencemaran oleh emisi gas buang dari kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar utama di beberapa kota besar tidak saja di Indonesia tetapi juga di negara lain. Penelitian yang telah dilakukan

menunjukkan bahwa kontribusi emisi gas buang kendaraan bermotor untuk emisi karbonmonoksida dan hidrokarbon mencapai lebih dari 90%. Beberapa faktor yang berpengaruh pada tingkat pencemaran dari emisi gas buang kendaraan bermotor, antara

lain teknologi kendaraan bermotor, kualitas bahan bakar, perawatan mesin kendaraan, kemacetan yang sering terjadi. Beberapa yang harus dilakukan untuk mengurangi tingkat pencemaran antara lain penggunaan bahan bakar alternatif ramah lingkungan, perbaikan manajemen transportasi, penggunaan teknologi kendaraan bermotor yang ramah lingkungan, kontrol emisi dengan mewajibkan uji emisi berkala, penggunaan teknologi *aftertreatment* dan lain sebagainya.

Teknologi *aftertreatment* digunakan untuk mereaksikan hasil pembakaran yang beracun menjadi gas buang yang ramah lingkungan. Untuk kendaraan bensin peralatan *aftertreatment* ini dikenal dengan katalitik konverter. Permasalahan yang timbul dari pemakaian katalitik konverter ini adalah mutu bahan bakar bensin domestik yang belum setara dengan mutu bahan bakar bensin di negara produsen katalitik konverter ini begitu juga dengan teknologi kendaraan yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi katalitik konverter pada kendaraan uji terhadap mutu bahan bakar bensin yang sesuai dengan spesifikasi bensin 88 yang ditetapkan oleh Pemerintah dalam hal ini bensin dengan nilai oktan 88.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Katalitik konverter yang dipasang pada pipa gas buang kendaraan bermotor (knalpot) berfungsi mengurangi atau mengkonversi gas-gas beracun hasil pembakaran seperti CO, HC, dan NOx, menjadi gas-gas yang tidak berbahaya seperti CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> sebelum dikeluarkan ke udara bebas. Pada keadaan ideal mesin kendaraan, mesin akan beroperasi pada campuran bahan bakar dan udara pada kondisi stokiometrik dengan AFR sebesar 14,7 dan pembakaran akan berlangsung sempurna yang akan menghasilkan emisi gas buang yang mengandung karbon dioksida, uap air, dan nitrogen. Tetapi pada kondisi aktual mesin kendaraan didisain untuk komposisi campuran miskin (AFR = 16) sehingga pemakaian bahan bakar menjadi ekonomis pada saat kendaraan dijalankan dengan kecepatan sedang. Mesin kendaraan juga didisain untuk komposisi campuran kaya (AFR = 12) untuk menghidupkan mesin kendaraan pada saat dingin dan menghasilkan daya maksimum selama kendaraan berakselerasi.

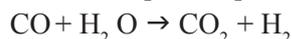
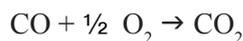
Proses pembakaran pada mesin kendaraan jarang atau hampir tidak pernah berlangsung sempurna

sehingga emisi gas buang yang dihasilkan berupa gas yang terdiri dari SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, HC, CO dan CO<sub>2</sub>. sedang untuk partikulat terdiri dari timbal, seng, cadmium, nikel serta Cu, Cr dan Fe yang dihasilkan dari gesekan antara sepatu rem dengan plat rem.

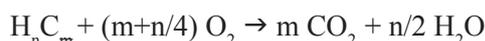
Katalis yang digunakan untuk mereduksi dan mengoksidasi emisi gas buang yang beracun terdiri dari alumina sebagai penyangga dan inti aktif logam mulia. Logam mulia yang sering digunakan adalah platinum, palladium dan rhodium. Logam-logam mulia ini berguna untuk meningkatkan reaksi kimia dari molekul-molekul gas buang yang akan dikonversikan per satuan waktu tanpa merusak secara permanen struktur logam-logam tersebut.

Katalis dari jenis *three way catalyst* (TWC) ada 2 tipe yaitu *single catalyst bed* yang mampu mengkonversi CO, HC dan NO secara simultan dan *dual catalyst bed* yang dapat mereduksi NO dengan gas CO, HC dan H<sub>2</sub> sekaligus mengoksidasi CO dan HC dengan udara. Persamaan reaksi kimia yang terjadi pada katalitik konverter adalah sebagai berikut<sup>(1)</sup> :

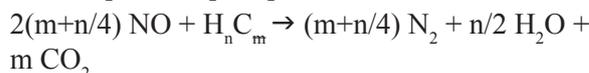
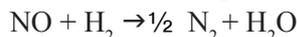
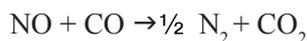
Oksidasi karbon monoksida (CO)



Oksidasi hidrokarbon (HC)



Reduksi nitrogen oksida (NOx)



Perhitungan efisiensi katalitik konverter untuk masing-masing emisi dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini<sup>(2)</sup> :

$$\eta_{\text{cat}} = \frac{M_{\text{HC,CO in}} - M_{\text{HC,CO out}}}{M_{\text{HC,CO in}}} = 1 - \frac{M_{\text{HC,CO out}}}{M_{\text{HC,CO in}}}$$

Penggunaan bensin sebagai bahan bakar mesin bensin diatur menurut kualitas dan spesifikasi yang ditetapkan. Spesifikasi ini biasanya merupakan ketentuan formal yang mengatur kepentingan semua pihak, seperti pemakai bahan bakar, produsen/pemasok, masyarakat umum dan pemerintah. Dalam spesifikasi tersebut, terdapat 3 kelompok sifat utama yang diperlukan pada bahan bakar bensin, yaitu sifat

mutu bakar, sifat volatilitas, dan sifat stabilitas dan kebersihan. Bahan bakar jenis bensin 88 berdasarkan spesifikasi yang berlaku di Indonesia ada 2 jenis yaitu bensin 88 Bertimbal dan Tanpa Timbal (TT)<sup>(3)</sup>.

Bensin 88 mempunyai angka oktana minimum 88 (RON), grade bensin ini terbagi atas dua jenis, yaitu Bensin 88 Bertimbal dan Bensin 88 Tanpa Timbal. Bensin 88 Bertimbal mengandung timbal (Pb) maksimum 0,30g/L dan Bensin 88 Tanpa Timbal mengandung timbal maksimum 0,013g/L. Pada bensin tanpa timbal ini tidak ada penambahan aditif penaik angka oktana yang mengandung timbal, tetapi kandungan timbal yang terdapat dalam bensin tersebut merupakan timbal bawaan dari minyak mentah. Dalam penelitian ini jenis yang bensin yang digunakan adalah bensin 88 tanpa timbal.

### III. METODOLOGI

Persiapan pengujian yang dilakukan meliputi persiapan teknis maupun non teknis. Persiapan teknis dilakukan terhadap kendaraan uji baik terhadap yang berhubungan langsung dengan proses pembakaran maupun yang tidak berhubungan langsung tetapi berhubungan dengan keselamatan pada saat dilakukannya uji jalan dan uji emisi. Persiapan teknis yang berhubungan langsung atau yang mempengaruhi proses pembakaran meliputi pergantian suku cadang sistem pengapian dan memasang suku cadang yang baru dengan setelan yang sesuai dengan spesifikasi kendaraan uji. Suku cadang sistem pengapian yang diganti meliputi accu, busi, platina, filter bahan bakar, saringan udara, koil dan distributor. Sedangkan persiapan teknis yang tidak mempengaruhi proses pembakaran tetapi harus dilakukan karena menyangkut pada aspek keselamatan pengemudi/analisis dalam melaksanakan uji jalan dan uji emisi meliputi pemeriksaan rem, pergantian oli mesin, oli gardan, fan belt dan pemeriksaan tekanan ban.

Persiapan teknis juga dilakukan pada katalitik konverter. Persiapan ini digunakan untuk mendapatkan informasi dimensi dan bentuk katalitik konverter. Untuk mendapatkan informasi ini maka dilakukan pemotongan/pembelahan rumah katalitik konverter

Tabel 1  
Spesifikasi Kendaraan Uji

Model Mesin	7K
Jumlah Silinder	4 silinder segaris, 4 langkah
Tahun Pembuatan	1998
Bahan Bakar	Bensin
Diameter Lubang dan Langkah (mm)	80,5 x 87,5
Volume Langkah (cm <sup>3</sup> )	1781
Type Busi	W16EX-U
Celah Busi	0,7 – 0,8
Oli Pelumas	Mesran Super 20 W - 50
Sistem <i>Intake</i> Bahan Bakar	Karburator

sehingga kataliknya dapat diukur dan diperiksa secara visual. Dikarenakan ukuran lubang input maupun output yang belum sesuai dengan ukuran diameter knalpot kendaraan uji maka dipasang pipa *reducer* pada masing-masing input maupun output rumah katalitik konverter.

#### A. Uji Mutu Bahan Bakar

Pengujian mutu bahan bakar adalah pengujian karakteristik fisika kimia bahan bakar uji yang berpengaruh langsung pada kinerja mesin dan kinerja katalitik konverter. Pengujian karakteristik bahan bakar terdiri dari angka oktana, distilasi 10%, 50% dan 90% penguapan, titik didih akhir, residu serta kandungan timbal. Parameter terakhir ini yang sangat mempengaruhi kinerja katalitik konverter.

#### B. Pengukuran Emisi CO dan HC

Katalitik konverter akan dipasang pada lokasi tertentu pada saluran pembuangan (knalpot) kendaraan uji. Penempatan katalitik konverter pada saluran *exhaust* kendaraan adalah 1 meter atau mengikuti sesuai dengan petunjuk manual dari pabrik kendaraan. Pemilihan jarak tersebut adalah untuk menjaga temperatur operasi katalitik tetap terpelihara yaitu sekitar 400°C. Gambar 1 menunjukkan katalitik konverter yang digunakan pada penelitian ini.

Uji jalan terhadap kendaraan uji yang telah dipasang katalitik konverter dilakukan dengan menempuh jarak 10.000 km. Titik pengukuran emisi gas buang adalah sebelum uji jalan kendaraan uji

(0 km), pada setiap jarak tempuh 2.500 km dan pada akhir uji jalan (10.000 km). Pengukuran uji emisi ini dilakukan pada bangku uji chassis dinamometer untuk melihat perubahan emisi CO dan HC sebelum dan sesudah dipasang katalitik konverter setelah menempuh jarak tertentu. Spesifikasi kendaraan uji dan katalitik konverter yang digunakan pada kegiatan ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

#### IV. HASIL dan PEMBAHASAN

##### A. Mutu Bahan Bakar

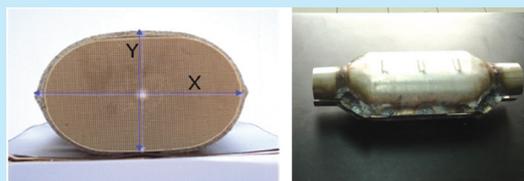
Dari hasil analisa laboratorium terhadap mutu bahan bakar bensin 88 yang diuji dapat dikatakan bahwa mutu bensin yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi bensin yang telah ditetapkan oleh Pemerintah melalui surat keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006, walaupun mutu bensin ini masih jauh jika dibanding dengan mutu bensin yang berlaku di negara-negara yang sudah sangat memperhatikan dampak pencemaran udara akibat kendaraan bermotor. Hasil uji mutu bahan bakar bensin 88 dapat dilihat pada Tabel 3.

##### B. Efisiensi Katalitik Konverter

Dari hasil pengujian dimana pengukuran pada kondisi idle sesuai dengan prosedur uji emisi<sup>(5)</sup>, dapat dilihat bahwa disetiap jarak tempuh yang dialami katalitik konverter terjadi penurunan kadar emisi gas buang CO karena terjadi oksidasi CO oleh katalis sehingga merubah CO menjadi CO<sub>2</sub>. Untuk efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan kadar

emisi CO sebesar 31,4% pada jarak tempuh 0 km. Penurunan efisiensi katalitik konverter terjadi dengan meningkatnya jarak tempuh kendaraan uji, hingga mencapai 25,9% setelah menempuh jarak 10.000 km. Gambar 2 menunjukkan efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi CO setiap jarak tempuh.

Terjadinya penurunan efisiensi katalitik konverter dikarenakan kadar CO yang meningkat sejalan dengan jarak tempuh kendaraan uji, baik untuk kendaraan tanpa katalitik konverter maupun yang telah menggunakannya. Fenomena tersebut sangat umum terjadi karena semakin jauh jarak tempuh atau semakin lama penggunaan kendaraan, kinerja mekanisme bagian-bagian mesin yang berpengaruh



Gambar 1  
Katalitik Konverter

Tabel 2  
Data Teknis Katalitik Konverter

Kode KK	Tebal	Ukuran lingkaran	Ukuran terpanjang (X)	Ukuran terpendek (Y)	Bahan katalis
PK.01-06	10 cm	33,7 cm	12 cm	7,9 cm	Pt,Pd,Rh <sup>(4)</sup>

Tabel 3  
Hasil Uji Mutu Bahan Bakar Bensin 88

No	Parameter Uji	Unit	Hasil Uji	Batasan Spesifikasi	Metode Uji
1	Angka Oktana	RON	88,9	88	ASTM D 2699
2	Distilasi : 10% Penguapan	°C	65,5	Maks 74	ASTM D 86
	50% Penguapan	°C	104,5	Min 88, maks 125	
	90% Penguapan	°C	164	Maks 180	
	Titik Didih Akhir	°C	198	Maks 215	
	Residu	% vol	1	Maks 2,0	
3	Kandungan Timbal	g/lt	0,009	Maks 0,013	ASTM D 3237
4	Kandungan Sulfur	% m	0,0124	Maks 0,05	ASTM D 2622

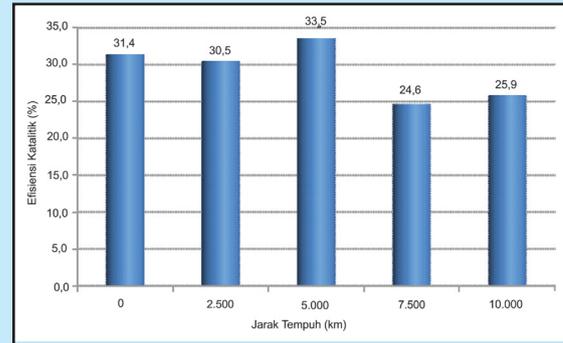
langsung pada proses pembakaran semakin menurun. Begitu juga dengan katalitik konverter, terjadinya penumpukan kotoran dan debu pada dinding-dinding katalitik akan mempengaruhi terjadinya proses oksidasi yang mengubah CO menjadi CO<sub>2</sub>.

Penggunaan katalitik konverter ini juga menghasilkan penurunan terhadap emisi hidrokarbon (HC). Emisi HC pada katalitik konverter yang bertemu dengan oksigen, pada temperatur tinggi dapat bereaksi sehingga menguraikan HC menjadi C, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O serta HC sisa. Dengan demikian kadar emisi HC akan berkurang dan diikuti dengan naiknya CO<sub>2</sub>.

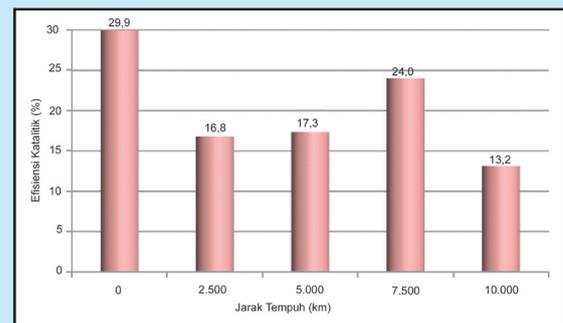
Efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi HC sebesar 29,9% pada jarak tempuh 0 km. Penurunan efisiensi katalitik konverter terjadi setelah kendaraan uji menempuh jarak 2.500, 5.000, 7.500 dan 10.000 kilometer masing-masing 16,8%, 17,3%, 24% dan 13,2%. Gambar 3 menunjukkan efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi HC. Beberapa hal yang sangat mungkin menjadi penyebab menurunnya kinerja katalitik konverter antara lain adanya material pengotor berupa debu dan sisa pembakaran yang menempel dan menghalangi permukaan katalis.

Proses pembakaran di *combustion chamber* suatu mesin dipengaruhi oleh perbandingan bahan bakar dan udara (AFR). Pada mesin dengan sistem pemasukan bahan bakar dengan karburator sangat sulit sekali mengontrol AFR ini sehingga proses pembakaran berlangsung tidak efisien yang menyebabkan emisi gas buang lebih besar. Selain itu masih terdapatnya kandungan timbal dan sulfur dalam bahan bakar bensin 88 TT ini walau dalam jumlah yang masih sesuai spesifikasi di Indonesia namun bila dibandingkan dengan spesifikasi WWFC kategori 2 dan 3 dimana kandungan sulfur 0,02% untuk kategori 2 dan 0,003% untuk kategori 3, sedang kandungan timbal untuk kedua kategori ini adalah tidak terdeteksi lagi (*non detectable*)<sup>(6)</sup>. Faktor-faktor ini yang menyebabkan mempercepat penurunan efisiensi katalitik konverter.

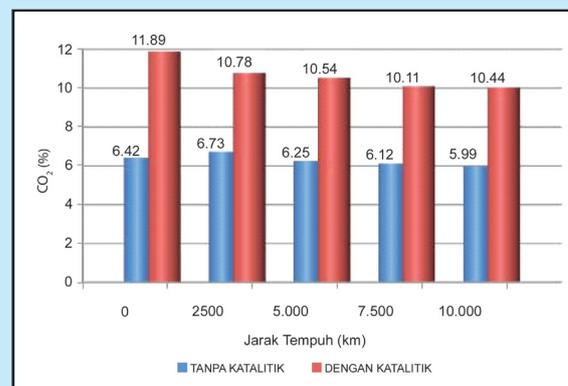
Penurunan kadar CO dan HC disertai dengan peningkatan kadar CO<sub>2</sub> merupakan salah satu indikator berfungsinya katalitik konverter. Katalitik konverter membantu proses oksidasi CO dan HC yang terbentuk karena pembakaran tidak sempurna menjadi CO<sub>2</sub>. Dengan teroksidasinya CO dan HC pada katalitik konverter menjadi CO<sub>2</sub> akan mengakibatkan meningkatnya kadar CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan oleh kendaraan melalui knalpot. Peningkatan terbentuknya emisi CO<sub>2</sub>



Gambar 2  
Efisiensi Katalitik Konverter Untuk Emisi CO



Gambar 3  
Efisiensi Katalitik Konverter untuk Emisi HC



Gambar 4  
Peningkatan Emisi CO<sub>2</sub> Setelah Pemakaian Katalitik Konverter

setelah kendaraan menggunakan katalitik konverter dan menempuh jarak 10.000 km ini adalah rata-rata sebesar 69,4%. Pada gambar 4 terlihat bahwa terjadi peningkatan kadar emisi CO<sub>2</sub> setelah kendaraan menggunakan katalitik konverter.

## V. KESIMPULAN

Dari analisa data maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemakaian katalitik konverter dapat menurunkan emisi gas buang beracun CO dan HC.
2. Efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi CO sebesar 31,4% pada jarak tempuh 0 km dan menurun menjadi 25,9% pada jarak tempuh 10.000 km.
3. Efisiensi katalitik konverter dalam menurunkan emisi HC sebesar 29,9% pada jarak tempuh 0 km dan menurun menjadi 13,2% pada jarak tempuh 10.000 km.
4. Mutu bahan bakar mempengaruhi efisiensi katalitik konverter dimana produk pembakaran sulfur dan timbal akan menutupi dinding katalis sehingga menghambat proses oksidasi emisi CO dan HC.
5. Kendaraan dengan teknologi lama (sistem karburasi) membuat efisiensi katalitik menjadi rendah. Katalitik konverter sudah seharusnya dipasang pada kendaraan-kendaraan baru yang telah memiliki teknologi yang dapat menciptakan proses pembakaran yang lebih baik (sistem injeksi)

sehingga emisi gas buang yang dihasilkan akan lebih baik serta kehandalan katalitik konverter tersebut menjadi lebih lama.

## VI. KEPUSTAKAAN

1. ACEA, Alliance, EMA, JAMA, "World Wide Fuel Charter", Fourth Edition, 2006.
2. **Heywood, John B**, 1989, "Internal Combustion Engine Fundamentals", Mc Graw-Hill, International edition, series in mechanical Engineering, Pp 651.
3. Surat Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas, Nomor 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006, "Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88", 2006.
4. **Saderis, Marios**, 1998, "Methods for Monitoring and Diagnosing The Efficiency of Catalytic Converters", Elsevier Science, Amsterdam, pp. 8.
5. SNI 19-7118.1-2005 "Cara Uji Kendaraan Bermotor Kategori M, N dan O Berpenggerak Penyalaan Cetus Api pada Kondisi Idle", 2005
6. **Taylor, K.C.**, 1987, "Catalysis and Automotive Pollution Control", A.Crouq and A. Frennet (eds), Elsevier Science Publisher, Amsterdam.