



**CATALYTIC CONVERTER JENIS PLAT BAJA A36 BERBENTUK PIPA
BERLUBANG UNTUK MENGURANGI KADAR EMISI KENDARAAN
BERMOTOR**

SKRIPSI

Oleh :
Itok Denis Pradipta
NIM 111910101032

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**CATALYTIC CONVERTER JENIS PLAT BAJA A36 BERBENTUK PIPA
BERLUBANG UNTUK MENGURANGI KADAR EMISI KENDARAAN
BERMOTOR**

SKRIPSI

Oleh :
Itok Denis Pradipta
NIM 111910101032

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**CATALYTIC CONVERTER JENIS PLAT BAJA A36 BERBENTUK PIPA
BERLUBANG UNTUK MENGURANGI KADAR EMISI KENDARAAN
BERMOTOR**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :
Itok Denis Pradipta
NIM 111910101032

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang, saya persembahkan skripsi saya ini dengan segala cinta dan kasih kepada :

1. Orang tua saya Ayahanda Soedjitoe dan Ibunda Poedji Rahajoe yang telah bekerja keras dan berkorban, mencurahkan cinta dan kasih sayangnya, tidak pernah berhenti mendoakan saya dan memberi semangat serta motivasi dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah (skripsi) ini.
2. Keluarga besar saya yang selalu memberi dukungan, semangat, motivasi, doa, serta cinta dan kasih sayangnya kepada saya.
3. Ahlus Sulbiyana anggota keluarga baru, calon istriku yang tak kenal lelah untuk selalu menemani, memberi dukungan, semangat, motivasi, doa dan kasih sayang disetiap kegiatan akademik maupun non akademik saya;
4. Agung Widodo S.T., Faisal Karamy S.T., dan Nico Putra Karunia S.T., yang sudah memberikan dorongan serta motivasi semasa kuliah dan skripsi.

MOTTO

Aku tidak bisa menjamin untuk menjadi yang terbaik, tetapi aku berusaha bisa
menjamin usahaku untuk menjadi yang terbaik

(Itok Denis Pradipta)

Janganlah selalu dan selalu menunda pekerjaan, sebab pekerjaan tidak bisa dipikir
terus agar menjadi baik, melainkan usaha dan bekerja maka pekerjaan akan lebih baik
dan sempurna.

(Itok Denis Pradipta)

Selalu terucap dari mulut tunggu apa lagi, ayo cepat dan gaz

Biar cepat kelar skripsi ini

(By : Team Mobil Irit Tawang Alun)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Itok Denis Pradipta

NIM : 111910101032

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“CATALYTIC CONVERTER JENIS PLAT BAJA A36 BERBENTUK PIPA BERLUBANG UNTUK MENGURANGI KADAR EMISI KENDARAAN BERMOTOR”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 3 November 2016
Yang menyatakan,

(Itok Denis Pradipta)
NIM 111910101032

SKRIPSI

***CATALYTIC CONVERTER* JENIS PLAT BAJA A36 BERBENTUK PIPA
BERLUBANG UNTUK MENGURANGI KADAR EMISI KENDARAAN
BERMOTOR**

Oleh

Itok Denis Pradipta

111910101032

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Santoso Mulyadi, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Catalytic Converter* Jenis Plat Baja A36 Berbentuk Pipa Berlubang Untuk Mengurangi Kadar Emisi Kendaraan Bermotor” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Sekretaris,

Ahmad Adib Rosyadi ST.,M.T
NIP 198501172012121001

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP 19702281997021001

Anggota I,

Anggota II,

Hari Sutjahjono, ST., MT.
NIP 196812051997021002

Dr.Robertoes Koekoeh Koentjoro S.T.,M.Eng
NIP 196707081994121001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 196612151995032

RINGKASAN

***Catalytic Converter* Jenis Plat Baja A36 Berbentuk Pipa Berlubang Untuk Mengurangi Kadar Emisi Gas Buang;** Itok Denis Pradipta; 111910101032; 2016; 99 Halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Catalytic Converter, pertama kali ditemukan pada tahun 1975 di Amerika Serikat. Teknologi otomotif saat ini mulai menerapkan teknologi yang ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan *catalytic converter* akan dapat mengurangi gas buang yang berbahaya melalui reaksi kimia sehingga nantinya gas-gas tersebut akan berubah menjadi gas yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Logam katalis yang dipakai pada penelitian ini menggunakan plat baja A36 yang berbentuk pipa berlubang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan katalis terhadap emisi gas buang dalam mereduksi gas hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), di sisi lain juga dapat memberikan salah satu alternatif solusi terhadap masalah polusi udara.

Hasil pengujian emisi gas buang terendah dibandingkan dengan knalpot standart diperoleh pada variasi 2 dengan diameter lubang katalis 10 mm yaitu karbon monoksida (CO) sebesar 1,46 % dan hidrokarbon (HC) sebesar 125 ppm, sedangkan pada knalpot standart yaitu karbon monoksida (CO) sebesar 1,9 % dan hidrokarbon (HC) sebesar 607 ppm. Dalam hal ini *catalytic converter* dapat menurunkan emisi gas buang CO dan HC dengan baik.

SUMMARY

Catalytic Converter Type Of A36 Steel Plate-Shaped Perforated Pipe To Reduce The Levels Of Exhaust Emissions; Itok Denis Pradipta; 111910101032; 2016; 99 Pages; Mechanical Engineering, Technical Faculty, University of Jember.

Catalytic converter, first discovered in 1975 in the United States. Automotive technology is currently starting to implement environmentally friendly technology that is by using a catalytic converter can reduce harmful exhaust gas through a chemical reaction so that later the gases will turn into a gas that is not harmful to the environment.

Metal catalysts used in this research use the A36 steel plate in the shape of a hollow pipe. This research aims to know the influence of the installation of a catalyst against exhaust emissions in reduction of gas hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO), on the other hand can also provide an alternative solution to the problem of air pollution.

The results of the testing exhaust emissions low compared with muffler standart obtained on the variation 2 with a hole diameter of 10 mm catalysts which are carbon monoxide (CO) by 1.46% and hydrocarbon (HC) of 125 ppm, while the standard exhaust is carbon monoxide (CO) by 1.9% and hydrocarbon (HC) of 607 ppm. In this case the catalytic converter can reduce exhaust emissions of CO and HC well.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Catalytic Converter Jenis Plat Baja A36 Berbentuk Pipa Berlubang Untuk Mengurangi Kadar Emisi Kendaraan Bermotor”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ayahanda Soedjito, S.E dan Ibunda Poedji Rahajoe tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan;
3. Dosen tersabar Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. dan Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Hari Sutjahjono, S.T., M.T. dan Dr.Robertoes Koekoeh Koentjoro S.T.,M.Eng. selaku dosen penguji yang tak lelah memberikan kritik dan saran sehingga penelitian dan penulisan ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Aris Zainal Mustaqin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya
6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk pribadi masing-masing serta menjadi amalan penolong Bapak/Ibu kelak;

7. Saudaraku TeknikMesin 2011 Universitas Jember yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surga-NYA kelak, panjang umur dan berbahagialah saudaraku;
8. Seduluran Teknik, asisten lab serta adik-adik angkatan yang dirasa membantu dalam proses kuliah dan kehidupan.
9. Orang terkasih Ahlus Sulbiyana. yang tak kenal lelah untuk selalu menemani, memberi semangat, motivasi, doa dan kasih sayang disetiap kegiatan akademik maupun non akademik saya;
10. Sahabat seperjuangan Agung Widodo S.T., Faisal Karamy S.T., dan Nico Putra Karunia, S.T. yang selalu menemani, memberi semangat, dan ngajak begadang sampai pagi;
11. Rekan-rekan UKM Go-Kart dan Mobil Irit Tawang Alun yang menjadi wadah kreatifitas saya semasa kuliah;
12. Dulur-dulur PATRANG COMMUNITY yang menjadi tempat singgah dan berkeluh kesah;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 3 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Polusi Udara	5
2.2 Motor Bensin	7
2.2.1 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	8
2.2.2 Proses Pembakaran Pada Motor Bensin.....	10

2.3 Parameter Unjuk Kerja Motor Pembakaran Dalam	11
2.3.1 Torsi	12
2.3.2 Daya Poros	12
2.3.3 Fuel Konsumsi.....	13
2.4 Emisi Gas Buang dari Motor Bakar	13
2.4.1 Karbon Monoksida.....	14
2.4.2 Hidrokarbon	15
2.4.3 Nitrogen Oksida	17
2.5 Catalytic Converter	17
2.5.1 Sistem Catalytic Converter.....	19
2.5.2 Katalis Logam (Metal Catalyst)	20
2.5.3 Kondisi Operasi <i>Catalytic Converter</i>	21
2.5.4 Konstruksi <i>Catalytic Converter</i>	23
2.6 Penelitian Terdahulu	26
2.7 Hipotesis	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.3.1 Alat	28
3.3.2 Bahan.....	30
3.4 Variabel Penelitian	30
3.4.1 Variabel Bebas	30
3.3.1 Variabel Terikat.....	31
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.6 Desain <i>Catalytic Converter</i>	33
3.7 Skema Alat Uji	35
3.8 Diagram Alir Penelitian	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37

4.1 Analisa Hubungan Torsi Terhadap Putaran Mesin	37
4.1.1 Analisa Hubungan Torsi Terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter Pipa 8 mm.....	37
4.1.2 Analisa Hubungan Torsi Terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter Pipa 10 mm.....	38
4.1.3 Analisa Hubungan Torsi Terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter Pipa 12 mm.....	40
4.1.4 Analisa Hubungan Torsi Terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter Pipa 8 mm, 10 mm dan 12 mm ..	41
4.2 Analisa Hubungan Daya Terhadap Putaran Mesin.....	43
4.2.1 Analisa Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter pipa 8 mm.....	43
4.2.2 Analisa Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter pipa 10 mm.....	45
4.2.3 Analisa Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter pipa 12 mm.....	46
4.2.4 Analisa Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin Dengan <i>Catalytic Converter</i> Diameter pipa 8mm, 10mm, dan 12mm.....	48
4.3 Analisa Hasil Uji Emisi	50
4.3.1 Pengaruh Pemakaian <i>Catalytic Converter</i> dan tanpa <i>Catalytic Converter</i> Terhadap Emisi CO dan HC	51
4.3 Analisa Hubungan FC (<i>Fuel Consumption</i>) Terhadap Putaran Mesin	53
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sumber-sumber Polusi Udara	6
Tabel 2.2	Komposisi Gas Buang Motor Bensin Pada Berbagai Model Pengendaraan.....	6
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Knalpot Standart Terhadap <i>Catalytic Converter</i> 8 mm	37
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Knalpot Standart Terhadap <i>Catalytic Converter</i> 10 mm	39
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Knalpot Standart Terhadap <i>Catalytic Converter</i> 12 mm	40
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Knalpot Standart Terhadap <i>Catalytic Converter</i> 8 mm, 10 mm dan 12 mm	42
Tabel 4.5	Hasil pengujian knalpot standart terhadap <i>catalytic converter</i> 8 mm	44
Tabel 4.6	Hasil pengujian knalpot standart terhadap <i>catalytic converter</i> 10 mm	45
Tabel 4.7	Hasil pengujian knalpot standart terhadap <i>catalytic converter</i> 12 mm	47
Tabel 4.8	Hasil pengujian knalpot standart terhadap <i>catalytic converter</i> 8 mm, 10 mm dan 12 mm	49
Tabel 4.9	Data Teknis <i>Catalytic Converter</i>	51
Tabel 4.10	Ambang Batas Emisi gas Buang.....	51
Tabel 4.11	Hasil Emisi gas CO dan HC.....	51
Tabel 4.12	Hasil Perbandingan FC knalpot standart terhadap variasi <i>catalytic converter</i> diameter 8 mm, 10 mm, dan 12 mm	53

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	8
Gambar 2.2	Sistem <i>Catalytic Converter</i>	20
Gambar 2.3	Efisiensi Konversi CO dan HC relative terhadap temperature gas buang.....	22
Gambar 2.4	Efisiensi Konversi Untuk CO, HC dan NOx Terhadap <i>air/fuel ratio</i> ..	23
Gambar 2.5	Konstruksi <i>Catalytic Converter</i>	24
Gambar 2.6	Struktur <i>Catalytic Converter</i> dengan desain <i>monolith</i>	25
Gambar 3.1	Texa Gasbox Autopower.....	30
Gambar 3.2	Pemasangan Katalis.....	34
Gambar 3.3	Skema Alat Uji Dynotest.....	35
Gambar 3.4	Bagan Alir Metode Penelitian	36
Gambar 4.1	Grafik Torsi Rata-rata (T) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 8 mm	38
Gambar 4.2	Grafik Torsi Rata-rata (T) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 10 mm	39
Gambar 4.3	Grafik Torsi Rata-rata (T) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 12 mm	41
Gambar 4.4	Grafik Torsi Rata-rata (T) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 8 mm, 10 mm dan 12 mm.....	42
Gambar 4.5	Grafik Daya Rata-rata (HP) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 8 mm	44
Gambar 4.6	Grafik Daya Rata-rata (HP) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 10 mm	46
Gambar 4.7	Grafik Daya Rata-rata (HP) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 12 mm	47
Gambar 4.8	Grafik Daya Rata-rata (HP) Terhadap Putaran Mesin Dengan Variasi <i>Catalytic Converter</i> 8 mm, 10 mm dan 12 mm.....	49

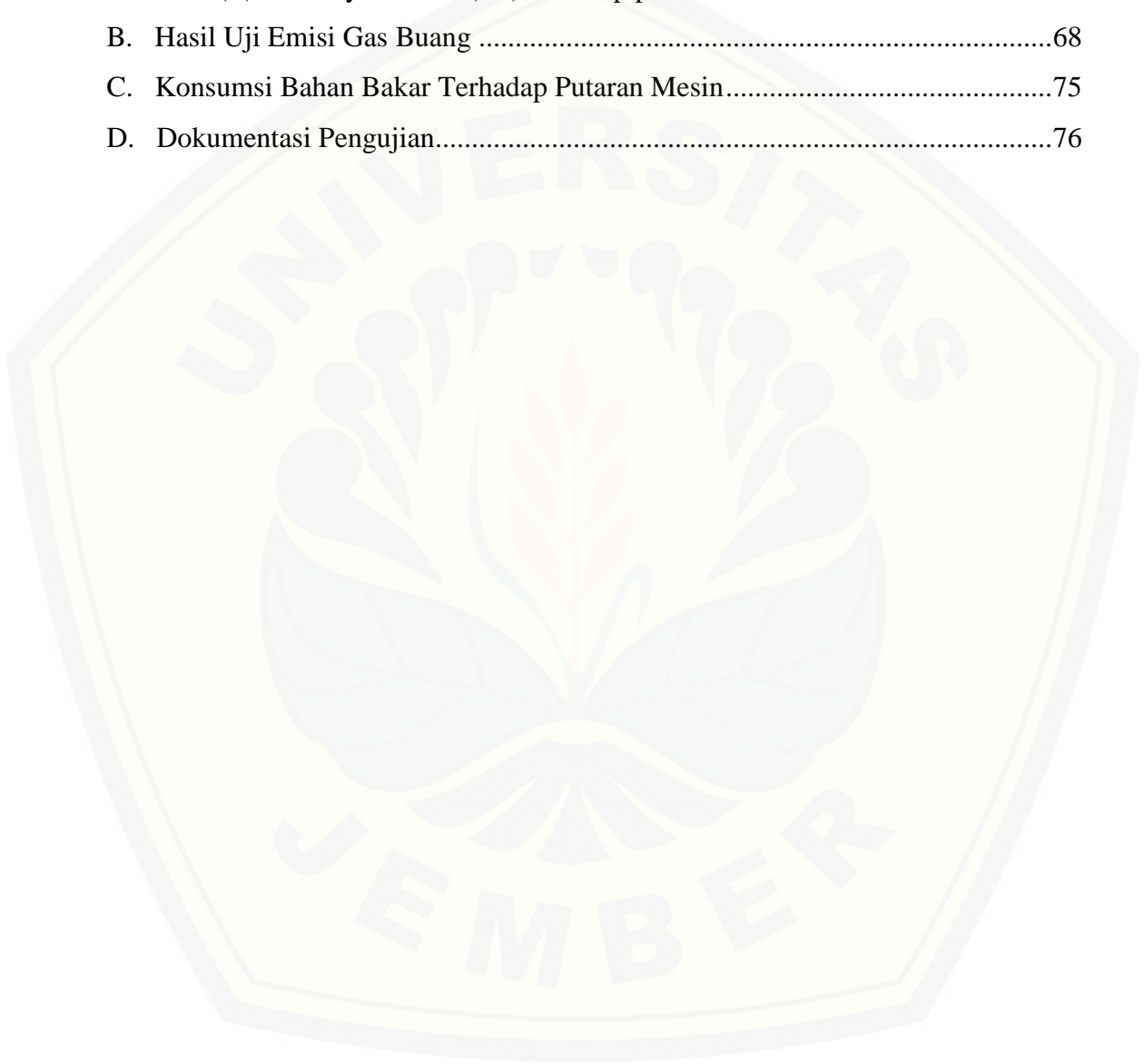
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Emisi CO dan HC Terhadap Variasi
Catalytic Converter52

Gambar 4.10 Grafik FC (*Fuel Consumption*) Terhadap Putaran Mesin Dengan
Variasi *Catalytic Converter* 8 mm, 10 mm dan 12 mm.....54



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
A.	Torsi (T) dan Daya Efektif (Ne) terhadap putaran mesin	60
B.	Hasil Uji Emisi Gas Buang	68
C.	Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin.....	75
D.	Dokumentasi Pengujian.....	76



BAB 1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesadaran masyarakat akan pencemaran udara akibat tingginya gas buang kendaraan bermotor di kota-kota besar saat ini semakin tinggi. Berbagai alat transportasi seperti mobil penumpang, truk, bus, lokomotif kereta api dan kendaraan bermotor pun akan terus menjadi sumber yang dominan dari pencemaran udara di perkotaan. 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% pertahun, semakin memperburuk kondisi udara di berbagai kota. (Statistik Dirjen Perhubungan Darat,2008)

Penggunaan kendaraan bermotor di dalam kehidupan manusia tidak bisa dikurangi, seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia. Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi yang paling banyak digunakan pada saat ini, seiring dengan kemajuan industri otomotif dunia berpacu untuk menginovasi produk-produk kendaraan yang mereka ciptakan. Akan tetapi dampak dari banyaknya kendaraan bermotor itu sendiri adalah polusi udara yang berasal dari saluran pembuangan kendaraan bermotor, sehingga industri-industri tersebut melakukan inovasi untuk menciptakan kendaraan dengan gas buangnya ramah lingkungan.

Polusi udara terjadi ketika terdapat polutan udara dalam jumlah dan waktu (periode) tertentu di udara yang dapat membahayakan manusia, binatang, tanaman dan tanah. 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 (SOx) dan Timbal (Pb)

Yang sering disebut sebagai polutan primer salah satu polutan udara yang berbahaya dan sangat dominan jumlahnya adalah gas karbon monoksida yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan udara motor bensin yang tidak sempurna (WardhanaA.W.1995).

Teknologi otomotif saat ini mulai menerapkan teknologi yang ramah lingkungan. Teknologi tersebut diharapkan dapat mengubah polutan yang berbahaya menjadi lebih aman bagi kesehatan. Beberapa pabrikan sepeda motor di Indonesia saat ini telah menerapkan teknologi pengontrol emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, salah satunya adalah menggunakan *catalytic converter* yang diterapkan oleh pabrikan sepeda motor agar kadar polutan sisa hasil pembakaran yang keluar dari knalpot tidak terlalu bahaya terhadap lingkungan.

Beranjak dari pemikiran tersebut, maka penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “*Catalytic Converter* Jenis Plat Baja A36 Berbentuk Pipa Berlubang Untuk Mengurangi Kadar Emisi Kendaraan Bermotor”. Penelitian terdahulu menjelaskan bahwa katalis berbahan kuningan (CuZn) dapat digunakan untuk mereduksi emisi gas buang karbon monoksida untuk berbagai variasi putaran mesin dan variasi jumlah sel katalis. Oleh sebab itu pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan logam lain selain kuningan sebagai katalis.

Catalytic converter merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin. *Catalytic converter* akan mempercepat proses reduksi polutan hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO). *Catalytic converter* terdiri atas bahan-bahan yang bersifat katalis yaitu bahan yang dapat mempercepat terjadinya reaksi kimia dan tidak mempengaruhi keadaan akhir kesetimbangan reaksi dan komposisi kimia katalis tersebut. Secara umum katalis hanya mengubah laju suatu reaksi tetapi tidak mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Tujuan penggunaan *Catalytic converter* pada saluran gas buang (knalpot) kendaraan bermotor adalah sebagai alat untuk mereduksi gas-gas yang berbahaya tersebut menjadi gas yang tidak

berbahaya. Penurunan kadar emisi gas buang pada *Catalytic converter* dipengaruhi oleh bahan katalis dan bentuk katalis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya adalah :

1. Mengetahui diameter pipa *catalytic converter* yang paling efektif terhadap unjuk kerja mesin dan emisi gas buang ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan knalpot *catalytic converter* dibandingkan dengan knalpot standart terhadap torsi (T), daya (Ne) dan *fuel consumption*(FC)?
3. Mengetahui seberapa besar kadar emisi gas CO dan HC dengan menggunakan knalpot *catalytic converter* dibandingkan dengan knalpot standart ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diambil dalam penelitian yang akan dilakukan ini adalah:

- a. Analisa unjuk kerja mesin dengan menggunakan motor bensin 4 langkah Honda Absolute Revo 110 cc tahun perakitan 2010 dengan 1 silinder, system pendingin udara dan dengan kondisi mesin dianggap standart;
- b. Pengujian menggunakan peralatan motorcycle dyno test *Sportdyno* dengan tipe *motorcycle SP1/SP3 V.3.3*;
- c. Pengujian gas buang menggunakan *Gas Analyzer* merek *Texa Gasbox Autopower*;
- d. Pengambilan data untuk kerja mesin pada jangkauan putaran 2000 – 9000 rpm;
- e. Pengambilan data emisi gas buang pada putaran idle;
- f. Pengambilan data konsumsi bahan bakar pada putaran 2000 – 9000 dengan kenaikan per-1000 rpm;
- g. Konstruksi *catalytic converter* yang digunakan adalah sistem pipa berlubang;

- h. Variasi diameter pipa katalis adalah 8 mm, 10 mm, dan 12 mm dengan panjang pipa 60 mm;
- i. Material katalis yang digunakan adalah plat baja karbon rendah A36 (*Low Carbon Steel*);
- j. Emisi gas buang yang diuji adalah CO dan HC;
- k. Hanya menganalisa Daya Efektif (HP), Torsi (N.m) dan FC (kg/jam);
- l. Bahan bakar yang digunakan untuk pengujian adalah premium;
- m. Premium yang digunakan dibeli dalam satu waktu pada satu tempat SPBU.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan salah satu alternatif solusi terhadap masalah polusi udara
- b. Mengetahui pengaruh *catalytic converter* terhadap emisi gas buang dalam mereduksi gas hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO).
- c. Mengetahui seberapa besar perbedaan menggunakan sistem *catalytic converter* dengan standart pabrikan.
- d. Mengetahui torsi (T), daya efektif (Ne) tertinggi dan terendah pada variasi pemasangan *catalytic converter* pada knalpot.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- a. Mendapatkan desain produk rancang bangun knalpot inovatif yang efektif dalam mereduksi polusi kendaraan bermotor serta meningkatkan performa mesin kendaraan bermotor.
- b. Bagi kalangan luas dapat digunakan atau diaplikasikan terhadap kendaraan bermotor yang dimilikinya.
- c. Mampu mengurangi pencemaran udara terhadap lingkungan hidup.
- d. Memberikan salah satu alternatif solusi terhadap masalah polusi udara.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polusi Udara

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. Beberapa faktor yang berpengaruh pada tingkat pencemaran dari emisi gas buang kendaraan bermotor, antara lain teknologi kendaraan bermotor, kualitas bahan bakar, perawatan mesin kendaraan dan kemacetan yang sering terjadi.

Sumber-sumber polusi udara dapat berasal dari berbagai sumber, baik dari sumber alami maupun sumber dari aktifitas manusia. Menurut Boedisantoso (2002), sumber polusi alami berasal dari peristiwa alam yang menghasilkan kontaminan-kontaminan seperti spora jamur, serbuk sari, percikan garam, asap dan partikel debu dari kebakaran hutan dan letusan gunung berapi. Selain itu ada karbon monoksida (CO) dari penguraian gas metan (CH₄), hidrogen sulfida (H₂S) dan metan dari dekomposisi anaerobik zat organik. Polusi udara yang berasal dari aktifitas manusia antara lain berasal dari penggunaan bahan bakar fosil untuk transportasi, industri, konversi energi dan pembakaran limbah yang menghasilkan buangan ke udara.

Menurut Kristanto (2005), 75 % kontribusi polusi udara di perkotaan adalah disebabkan oleh kendaraan bermotor. Sektor transportasi memegang peranan besar dalam kontribusi pencemaran udara. Tabel 2.1 menunjukkan sumber-sumber polusi udara, dimana dapat dilihat bahwa sektor transportasi memegang proporsi paling besar dibandingkan dengan sumber polusi lainnya, sedangkan proporsi gas pencemar terbesar adalah karbon monoksida (CO).

Tabel 2.1 Sumber-sumber polusi udara

Sumber	Polutan (juta ton per tahun)				
	CO	Partikel	SO _x	HC	NO _x
Transportasi	43.5	1.5	0.9	5.1	7.3
Sumber Stasiun-Stasiun Pembakaran	4.7	1.1	16.6	0.7	10.6
Proses Industri	4.7	1.9	0.6	7.9	0.6
Pembakaran Sampah	2.1	0.3	0.02	0.7	0.1
Lain-lain (kebakaran hutan, pembakaran di perkebunan, dll)	7.2	0.7	0.01	2.6	0.21
Total	62.1	5.44	20.73	16.9	18.8

Sumber : Nevers, 1995

Kendaraan bermotor berbahan bakar bensin merupakan salah satu kontributor adanya polusi udara dari sektor transportasi. Tabel berikut menunjukkan komposisi gas buang mesin bensin pada berbagai kondisi.

Tabel 2.2 Komposisi gas buang motor bensin pada berbagai model pengendaraan

Exhaust constituents	Driving mode			
	Idle	Acceleration	Cruise	Deceleration
Hydrocarbon (ppm)	300-1000	300-800	250-550	3000-12000
Carbon monoxide (%)	4-9	1-8	1-7	3-4
Carbon dioxide (%)	10	12	12.5	6
Nitrogen oxide (ppm)	10-50	1000-4000	1000-3000	5-50
Oxygen (%)	2	1.5	1.5	8
Exhaust flow (m ³ /min)	0.185-0.95	1.5-7.5	0.95-2.25	0.185-0.95
Exhaust gas temperature at entrance to silincer (°C)	150-300	450-700	400-600	200-400

Sumber : Heisler, 1995

Untuk menjaga kualitas udara, kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan harus memenuhi batas baku mutu emisi yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu berdasar Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.

2.2 Motor Bensin

Motor bakar bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen utama meliputi blok silinder (*cylinder block*), kepala silinder (*cylinder head*), poros engkol (*crank shaft*), torak, batang piston (*connecting rod*), roda penerus (*fly wheel*), poros cam (*cam shaft*) dan mekanik katup (*valve mechanic*).

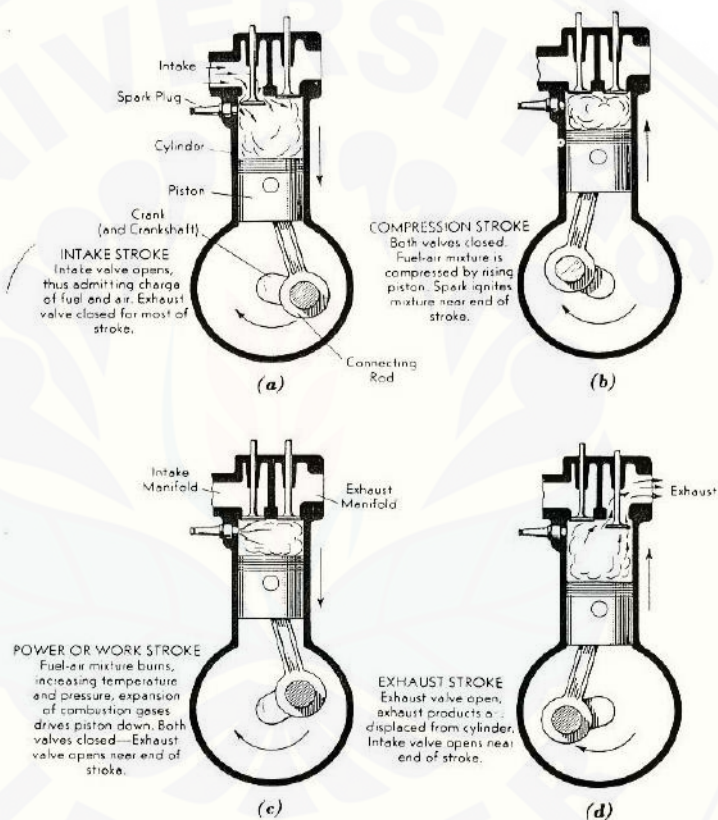
Blok silinder adalah komponen utama motor, sebagai tempat pemasangan komponen mekanik dan sistem mekanik lainnya. Blok silinder mempunyai lubang silinder tempat piston bekerja, bagian bawah terdapat ruang engkol (*crank case*), mempunyai dudukan bantalan (*bearing*) untuk pemasangan poros engkol.

Bagian silinder dikelilingi oleh lubang-lubang saluran air pendingin dan lubang oli. Kepala silinder dipasang di bagian atas blok silinder, kepala silinder terdapat ruang bakar, mempunyai saluran masuk dan buang. Sebagai tempat pemasangan mekanisme katup. Poros engkol dipasang pada dudukan blok silinder bagian bawah yang diikat dengan bantalan. Dipasang pula dengan batang piston bersama piston dan kelengkapannya. Sedangkan roda penerus dipasang pada pangkal poros engkol (*flens crank shaft*). Roda penerus dapat menyimpan tenaga, membawa piston dalam siklus kerja motor, menyeimbangkan putaran dan mengurangi getaran mekanik mesin.

2.2.1 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah adalah motor bensin yang bekerja dengan 4 siklus yang berurutan yaitu, hisap, kompresi, kerja dan buang. Titik tertinggi yang dicapai

oleh torak tersebut disebut titik mati atas (TMA) dan titik terendah disebut titik mati bawah (TMB). Gerakan dari TMA ke TMB disebut langkah torak (stroke). Pada motor 4 langkah mempunyai 4 langkah dalam satu gerakan yaitu langkah penghisapan, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah pembuangan. Gambar 2.1 merupakan gambar cara kerja (siklus kerja) motor 4 langkah.



Gambar 2.1 Prinsip kerja motor bensin 4 langkah

Sumber : Obert, 1973

1. Langkah hisap (*intake*)

Pada langkah hisap, campuran udara bensin dihisap ke dalam silinder. Langkah hisap dimulai dengan torak bergerak dari TMA (titik mati atas) menuju TMB (titik mati bawah). Karena pergerakan torak tersebut, maka tekanan pada

ruang bakar menurun maka campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk ke dalam ruang bakar. Selama langkah torak ini, katup hisap akan membuka dan katup buang menutup.

2. Langkah kompresi (*compression*)

Dalam gerakan ini campuran udara bensin yang di dalam silinder dimampatkan oleh torak yang bergerak ke atas dari TMB ke TMA. Kedua katup hisap dan katup buang akan menutup selama gerakan ini tekanan dan suhu campuran udara bensin menjadi naik. Bila tekanan campuran udara bensin ini ditambah lagi, tekanan serta ledakan yang lebih besar lagi dari tenaga yang kuat ini akan mendorong torak ke bawah. Sekarang torak sudah melakukan dua gerakan atau satu putaran, dan poros engkol berputar satu putaran.

3. Langkah Kerja (*expansion*)

Sesaat sebelum torak mencapai TMA (titik mati atas) pada langkah kompresi, busi memercikan bunga api sehingga terjadi proses pembakaran. Akibat tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi, sehingga torak mampu melakukan langkah kerja atau langkah ekspansi atau langkah kerja. Langkah kerja dimulai dari posisi torak pada TMA dan berakhir di TMB saat katup buang sudah mulai terbuka pada awal langkah buang. Langkah ekspansi disebut juga langkah kerja (*power stroke*).

4. Langkah Buang (*Exhaust*)

Dalam gerak ini, torak terdorong ke bawah, ke TMB dan naik kembali ke TMA untuk mendorong gas-gas yang telah terbakar dari silinder. Selama gerak ini hanya katup buang saja yang terbuka. Bila torak mencapai TMA sesudah melakukan pekerjaan seperti di atas, torak akan kembali pada keadaan untuk memulai langkah hisap. Sekarang motor telah melakukan 4 gerakan penuh, hisap-kompresi-kerja-buang. Pada motor bakar 4 langkah setiap satu rangkaian siklus menghasilkan dua putaran poros engkol. Di dalam mesin sebenarnya, membuka

dan menutupnya katup tidak terjadi tepat pada TMA dan TMB, tetapi akan berlaku lebih cepat atau lambat (*overlapping*), ini dimaksudkan untuk lebih efektif lagi untuk aliran gas.

2.2.2 Proses Pembakaran pada Motor Bensin

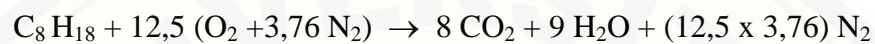
Pembakaran didefinisikan sebagai kombinasi kimia yang relatif cepat antara hidrogen dan karbon di bahan bakar dengan oksigen yang menghasilkan pembebasan energi dalam bentuk panas. Pada motor bensin terjadi konversi energi dari energi panas ke energi mekanik berupa gerak *reciprocating* torak pada silinder ruang bakar. Energi panas diperoleh dari pembakaran sejumlah bahan bakar yang telah bercampur dengan udara yang diawali oleh percikan bunga api dari busi (*spark plug*). Pada proses tersebut terjadi reaksi kimia yang cepat antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen yang terkandung dalam udara. Kondisi yang harus ada untuk dapat terjadinya proses pembakaran di motor bensin adalah :

1. Adanya campuran bahan bakar dan udara masuk dalam silinder
2. Campuran dikompresikan
3. Bahan bakar dinyalakan dengan bunga api listrik (busi).

Bensin yang dibakar dalam suatu mesin mengandung banyak bahan kimia, meskipun sebagian besar terdiri dari hidrokarbon (HC). Hidrokarbon adalah campuran bahan kimia antara atom hidrogen yang berikatan dengan atom karbon. Terdapat banyak perbedaan tipe dari campuran hidrokarbon dalam bensin, tergantung pada prosentase jumlah atom hidrogen dan atom karbon, dan bagaimana atom-atom tersebut berikatan.

Hidrokarbon dalam bahan bakar seharusnya bereaksi hanya dengan oksigen selama proses pembakaran untuk membentuk uap air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2), menciptakan efek panas dan tekanan yang diinginkan dalam silinder. Tetapi dalam kondisi operasi mesin tertentu, nitrogen juga berreaksi dengan oksigen membentuk nitrogen oksides (NO_x) sebagai salah satu polutan. Total energi yang

dilepaskan oleh proses pembakaran, sekitar 25% digunakan untuk menggerakkan motor, sisanya 75% hilang karena *friction*, *aerodynamic drag*, *accessory operation* atau hilang karena perpindahan panas ke sistem pendingin. Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Bahan bakar standart motor bensin adalah isooktan (C_8H_{18}), persamaan reaksi pembakarannya dengan udara adalah



Pada kenyataannya bahwa pembakaran mesin tidak pernah terjadi secara sempurna hal ini disebabkan:

- waktu pembakaran yang singkat;
- overlapping* katup;
- udara yang masuk tidak murni oksigen;
- bahan bakar yang masuk tidak murni oktan (C_8H_{18});
- kompresi tidak terjamin rapat sempurna.

2.3 Parameter Unjuk Kerja Motor Pembakaran Dalam

Karakteristik suatu motor pembakaran dalam dapat diketahui melalui parameter-parameter unjuk kerjanya (*performance*), sehingga akan dapat ditentukan bagaimana keadaan yang paling ideal. Dengan diketahuinya keadaan paling ideal tersebut maka pemakaian mesin dapat seefisien mungkin.

Untuk dapat menentukan karakteristik unjuk kerja suatu motor pembakaran dalam maka dibutuhkan beberapa parameter, antara lain :

- Torsi
- Daya efektif poros
- *Fuel consumption*

2.3.1 Torsi (T)

Besarnya torsi adalah hasil kali panjang lengan torsi dengan beban yang ditunjukkan oleh timbangan dinamometer, sehingga didapatkan (Soenarta, 1985) :

$$T = F \cdot L \text{ (Kg m)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

T = Torsi yang dihasilkan (kg m)

F = Besarnya beban pada timbangan (kg)

L = Panjang lengan dinamometer (m)

2.3.2 Daya Poros / Daya Efektif (Ne)

Pada motor pembakaran dalam daya yang berguna adalah daya poros atau daya efektif karena poros itulah yang menggerakkan beban. Daya poros dirumuskan sebagai berikut (Arismunandar, 1994) :

$$Ne = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (Hp)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

Ne = Daya efektif (Hp)

T = Torsi (kg m)

n = putaran mesin (RPM)

1 Hp = 75 kg m/s

2.3.3 Fuel consumption (FC)

Fuel consumption adalah suatu bentuk efisiensi termal, yang berarti efisiensi proses yang mengubah kimia energi potensial yang terkandung dalam pembawaan bahan bakar menjadi energy kinetik (Heywood, 1988):

$$FC = \frac{3,6 \cdot V \cdot \delta}{t} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

V = Volume (l)

δ = Berat jenis bahan bakar (kg/l)

t = Waktu (s)

2.4 Emisi Gas Buang dari Motor Bakar

Gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara terdiri dari banyak komponen gas yang sebagian besar merupakan polusi bagi lingkungan hidup. Gas yang menjadi polusi tersebut kebanyakan merupakan hasil dari reaksi smpingan yang tidak dapat dihindarkan. Sebagaimana diketahui bahwa udara disekitar kita mengandung kurang lebih 21% Oksigen dan 79% terdiri dari sebagian besar nitrogen dan sisanya gas-gas lain dalam jumlah yang sangat kecil, sedangkan bahan bakar pada umumnya berbentuk ikatan karbon (CxHy) yang juga mengandung unsur lain yang terikat kedalamnya.

Pada saat reaksi pembakaran, temperatur fluida yang terbakar menjadi sangat tinggi pada saat itulah dengan mudah terbentuk oksida-oksida dari unsur-unsur yang ada di dalam bahan bakar dan udara. Oksida-oksida tersebut yang antara lain SOx, COx dan NOx mempunyai sifat yang merugikan terhadap lingkungan hidup yang berarti bersifat polusi.

2.4.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) dihasilkan dalam jumlah yang signifikan, terutama jika proses terjadi dalam kondisi kekurangan oksigen (campuran kaya). Gas ini bersifat racun dan jika jumlahnya di dalam darah lebih besar dari oksigen maka akan mengganggu pernafasan.

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. Konsentrasi CO di dalam gas buang dipengaruhi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Kondisi operasi mesin

Emisi CO tinggi ketika *idling* dan mencapai minimum saat akselerasi dan pada kecepatan konstan (*steady speed*). Pada saat perlambatan dari kecepatan tinggi ke kecepatan rendah, akan terjadi proses penutupan *throttle* yang akan mengurangi suplai oksigen ke ruang bakar, sehingga pada saat inilah dihasilkan kadar CO yang paling tinggi.

2. *Air-fuel ratio* (A/F) dan homogenitas

Karbon monoksida juga sangat ditentukan oleh kualitas campuran, homogenitas dan A/F . Semakin bagus kualitas campuran dan homogenitas akan mempermudah oksigen untuk berreaksi dengan karbon. Jumlah oksigen dalam campuran (A/F) juga sangat menentukan besar CO yang dihasilkan, mengingat kurangnya oksigen dalam campuran akan mengakibatkan karbon bereaksi tidak sempurna dengan oksigen (sehingga terbentuk CO).

3. Disosiasi

Karbon monoksida juga cenderung timbul pada temperatur pembakaran yang tinggi. Meskipun pada campuran miskin (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.

2.4.2 Hidrokarbon (HC)

Gas buang hasil pembakaran kendaraan bermotor mengandung berbagai macam senyawa hidrokarbon (HC). Polutan hidrokarbon (HC) berasal dari beberapa sumber yang berbeda. Terdapat empat kemungkinan penyebab terbentuknya HC pada motor bensin sebagai berikut :

- HC dalam volume *crevice*

Volume *crevice* adalah volume dengan celah yang sangat sempit sehingga api tidak dapat menjangkaunya yang merupakan sumber utama munculnya HC dalam gas buang. Volume *crevice* yang paling utama adalah volume diantara piston, ring piston dan dinding silinder.

Selama proses kompresi dan pembakaran, *unburned mixture* ditekan dan masuk ke dalam volume *crevice*. *Unburned mixture* yang ada dalam volume *crevice* tersebut menjadi dingin akibat *heat transfer* ke dinding ruang bakar yang terdekat. Ketika api sampai pada *crevice*, api tersebut tidak dapat berpropagasi ke dalam *crevice* dan secara keseluruhan atau sebagian tidak dapat membakar bahan bakar dalam *crevice* atau justru api tersebut terdinginkan pada masukan *crevice* sehingga api tersebut padam. *Unburn hydrocarbon* yang terbentuk dalam volume *crevice* ini merupakan penyebab utama munculnya *Unburn hydrocarbon* dalam gas buang. Gas-gas yang terperangkap dalam volume *crevice* ini akan meninggalkan volume *crevice* tersebut saat langkah ekspansi dan pembuangan.

- Proses *flame quenching* pada dinding ruang bakar

Api akan padam ketika menyentuh dinding ruang bakar karena *heat loss* (*wall quenching*), sehingga meninggalkan lapisan tipis yang terdiri dari campuran yang tidak terbakar dan terbakar sebagian. Lapisan tipis inilah yang merupakan sumber polutan HC.

- Penyerapan uap bahan bakar kedalam lapisan oli pada dinding ruang bakar

Selama proses pengisian dan kompresi, uap bahan bakar diserap oleh oli pada dinding ruang bakar, selanjutnya melepaskannya kembali ke ruang bakar selama ekspansi dan pembuangan.

- Pembakaran yang tidak sempurna

Terjadi ketika kualitas pembakaran jelek baik terbakar sebagian (*partial burning*) atau tidak terbakar sama sekali (*complete misfire*) akibat homogenitas, turbulensi, *air fuel ratio* dan *spark timing* yang tidak memadai. Saat tekanan silinder turun selama langkah ekspansi, temperatur *unburned mixture* didepan muka api menurun, menyebabkan laju pembakaran menurun. Karena temperatur *unburned* didepan muka api yang terlalu rendah maka menyebabkan api padam. Hal ini dapat menyebabkan konsentrasi HC dalam gas buang meningkat tajam. Proses atau fenomena ini disebut sebagai *bulk quenching*.

Satu teknik nyata untuk menurunkan konsentrasi HC adalah membakar campuran bahan bakar udara dengan lebih cepat sehingga pembakaran diselesaikan sebelum tercapai kondisi pembakaran lambat atau pembakaran sebagian karena temperatur *unburned mixture* didepan muka api yang terlalu rendah. Dalam praktek pembakaran sebagian (*partial burning*) tetap terjadi walaupun laju pembakarannya normal. Oleh sebab itu diperlukan pembakaran cepat untuk menurunkan konsentrasi HC.

2.4.3 Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida sering disebut dengan NO_x karena oksida nitrogen mempunyai 2 bentuk yang sifatnya berbeda, yakni gas NO₂ dan gas NO. Sifat gas NO₂ adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Warna gas NO₂ adalah merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Kadar NO_x diudara daerah perkotaan yang berpenduduk padat akan lebih tinggi dari daerah pedesaan yang berpenduduk sedikit. Hal ini disebabkan karena berbagai macam kegiatan yang menunjang kehidupan manusia akan menambah

kadar NO_x diudara, seperti transportasi, generator pembangkit listrik, pembuangan sampah dan lain-lain. Pencemaran gas NO_x diudara terutama berasal dari gas buangan hasil pembakaran yang keluar dari generator pembangkit listrik stasioner atau mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar gas alami

2.5 Catalytic Converter

Catalytic converter merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin. *Catalytic converter* akan mempercepat proses oksidasi polutan hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), dan reduksi nitrogen oksida (NO_x).

Catalytic converter terdiri atas bahan-bahan yang bersifat katalis yaitu bahan yang dapat mempercepat terjadinya reaksi kimia dan tidak mempengaruhi keadaan akhir kesetimbangan reaksi dan komposisi kimia katalis tersebut. Secara umum katalis hanya mengubah laju suatu reaksi tetapi tidak mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Karakteristik dan sifat-sifat katalis menurut Bahl dkk. (1997) adalah sebagai berikut :

1. Tidak terjadi perubahan dalam massa dan komposisi kimia secara signifikan pada akhir dari suatu reaksi.
2. Secara umum dibutuhkan sejumlah kecil katalis untuk menghasilkan reaksi yang hampir tak terbatas.
3. Katalis dapat lebih efektif bila ditentukan dengan baik.
4. Katalis bekerja / bereaksi secara spesifik.
5. Pada umumnya katalis tidak dapat memulai suatu reaksi.
6. Katalis tidak mempengaruhi posisi akhir dari kesetimbangan, akan tetapi memperpendek waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan.
7. Perubahan temperatur dapat mengubah laju dari reaksi katalitik.

Tujuan dari perlakuan terhadap gas buang dengan menggunakan *catalytic converter* adalah untuk merubah gas polutan hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO_x) dari aliran gas buang dengan mengkonversinya melalui reaksi kimia (oksidasi dan reduksi) menjadi carbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O), dan nitrogen (N₂) (Heisler, 1995). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ (karbon dioksida)
2. $\text{HC} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (air)
3. NO_x (nitrogen oksida) \rightarrow N_2 (nitrogen) + O_2 (Oksigen)

Katalis akan mempercepat reaksi-reaksi tersebut, dimana pada dua reaksi pertama memerlukan tambahan oksigen (oksidasi), dan pada reaksi yang ketiga memerlukan pengurangan atau pengeluaran oksigen (reduksi).

Pada teori tabrakan, reaksi terjadi dengan cara tabrakan antara molekul atau ion dari reaktan. Pada temperatur biasa, molekul tidak memiliki cukup energi dan oleh karena itu tabrakan yang terjadi tidak efektif. Akan tetapi bila temperatur sistem naik, energi kinetik dari molekul meningkat. Sejumlah energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi kimia diketahui sebagai energi aktivasi. Disini katalis akan menurunkan energi aktivasi dari reaksi tersebut dengan menyediakan jalan baru.

Operasi dari sebuah katalis adalah berdasarkan pada kemampuan untuk menurunkan energi aktivasi dari oksidasi atau reduksi, menuju level rendah dan untuk meningkatkan kecepatan konversinya. Temperatur untuk reaksi kimia diturunkan menjadi sangat rendah. Reaksi dimulai dengan adsorpsi komponen polutan gas buang dan oksigen pada permukaan katalis. Hasil proses adsorpsi adalah memperlemah ikatan antar atom-atom molekul yang diadsorpsi, karena sebagian energi diberikan pada permukaan katalis. Semakin sedikitnya ikatan atom yang kuat, lebih mempermudah menarik atom lainnya, sehingga reaksi menjadi lebih mudah dan lebih cepat (Jenbacher, 1996).

Beberapa logam yang diketahui efektif sebagai katalis oksidasi (*oxidation catalyst*) yaitu platinum (Pt), plutonium (Pu), palladium (Pd), tembaga (Cu), vanadium (V), besi (Fe), kobal (Co), nikel (Ni), mangan (Mn), chromium (Cr), dan oksida dari logam-logam tersebut. Sedangkan beberapa logam yang dapat dipakai sebagai katalis reduksi (*reducing catalyst*) adalah besi (Fe), nikel (Ni), tembaga (Cu), paduan dan oksida logam-logam tersebut, dan sebagainya (Obert, 1973).

2.5.1 Sistem *Catalytic Converter*

Sistem dari *catalytic converter* yang telah ada adalah sebagai berikut :

1. *Oxidation catalytic converter*

Oxidation catalytic converter atau *single bed oxidation catalytic converter* beroperasi pada keadaan udara berlebih dan mengubah HC dan CO menjadi H₂O dan CO₂. Namun katalis ini tidak memberikan pengaruh terhadap NO_x.

2. *Dual-bed catalytic converter*

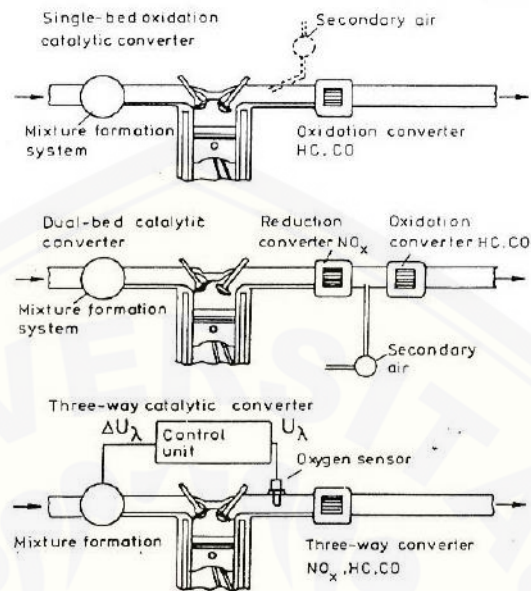
Sistem ini terdiri dari dua sistem katalis yang dipasang segaris, dimana gas buang pertama mengalir melalui katalis reduksi dan kemudian katalis oksidasi. Sistem yang pertama (bagian depan) merupakan katalis reduksi yang berfungsi menurunkan emisi NO_x, sedangkan sistem yang kedua (bagian belakang) merupakan katalis oksidasi yang dapat menurunkan emisi HC dan CO.

3. *Three-way catalytic converter*

Sistem ini dirancang untuk mengurangi gas-gas polutan seperti CO, HC dan NO_x yang keluar dari sistem gas buang dengan cara mengubahnya melalui reaksi kimia menjadi CO₂, H₂O dan N₂.

4. *Denox catalytic converter (lean-burn)*

Sistem ini memiliki sistem yang hampir sama dengan *three-way catalytic converter*, tetapi NO_x yang ada diubah pada daerah udara yang berlebih. *Catalytic converter* ini memiliki efisiensi penurunan NO_x hingga 50 %.



Gambar 2.2 Sistem *catalytic converter*

Sumber : Schafer dan Basshuysen, 1995

2.5.2 Katalis Logam (*Metal Catalyst*)

Logam yang termasuk dalam unsur transisi dalam sistem periodik unsur-unsur, paduannya, dan oksidanya mempunyai sifat aktif sebagai katalis (Somorjai, 1994). Logam golongan *nobel-metals* juga diketahui mempunyai sifat aktif sebagai katalis. Logam-logam tersebut paling banyak digunakan pada proses katalisis permukaan (*surface catalytic process*).

Menurut Dowden (1970) dalam bukunya *Catalytic Handbook* yang mengatakan bahwa beberapa logam yang diketahui efektif sebagai katalis oksidasi dan reduksi dari yang berkemampuan besar sampai kecil adalah Pt , Pd , $\text{Ru} > \text{Mn}$, $\text{Cu} > \text{Ni} > \text{Fe} > \text{Cr} > \text{Zn}$ dan oksida dari logam-logam tersebut. Logam transisi banyak digunakan sebagai katalis karena dalam orbital molekulnya mempunyai orbital d yang terisi sebagian, sehingga dapat dengan mudah berkoordinasi dengan reaktan (Nugroho, 2004).

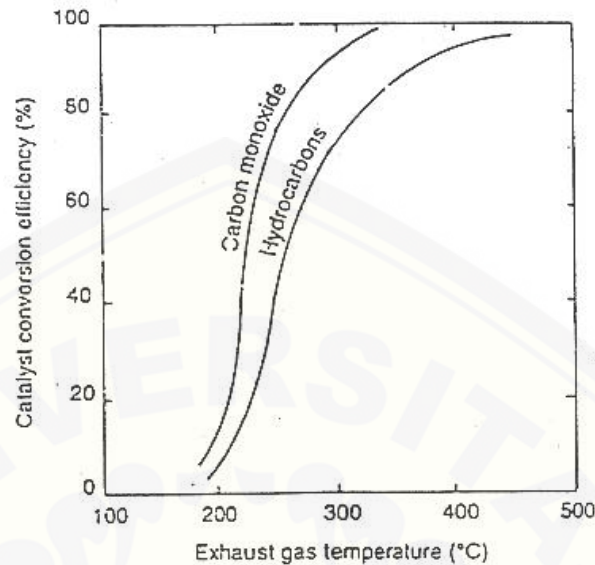
2.5.3 Kondisi Operasi *Catalytic Converter*

Temperatur gas buang motor bensin dapat bervariasi dari 300 °C sampai 400 °C selama idle dan sampai 900 °C pada kondisi operasi penuh. Range temperatur yang paling umum adalah 400 °C sampai 600 °C. Motor bensin biasanya beroperasi pada *air fuelequivalence ratios* antara sekitar 0,9 dan 1,2. Pada gas buang mungkin terdapat sejumlah kecil oksigen (campuran miskin) atau lebih banyak CO (campuran kaya).

Untuk oksidasi HC pada fase gas tanpa katalis, dibutuhkan waktu oksidasi lebih besar dari 50 ms dan temperatur lebih besar dari 600 °C. Untuk oksidasi CO dibutuhkan temperatur lebih besar dari 700 °C. *Catalytic oxidation* dari CO dan HC pada saluran gas buang dapat dicapai pada temperatur yang rendah, yaitu 250 °C (Heisler, 1995). Dengan tanpa katalis untuk reduksi NO_x diperlukan temperatur lebih dari 550 °C, jika menggunakan katalis untuk reduksi NO_x pada saluran gas buang dapat tercapai pada temperatur yang rendah, yaitu 400 °C (Martyn, 1996).

Sebuah *catalytic converter* yang beroperasi pada kondisi ideal dapat diharapkan memiliki waktu pengoperasian dengan efisiensi tinggi sekitar 100.000 km. Namun jika mesin mengalami letupan atau kegagalan, yang dimungkinkan karena dioperasikan dengan campuran yang sangat buruk atau pada kondisi kecepatan dan beban tertentu, sehingga menyebabkan temperatur gas buang meningkat secara berangsur-angsur, dan jika melebihi 1400 °C bahan substrat akan meleleh dan secara keseluruhan akan menghancurkan aktivitas katalis.

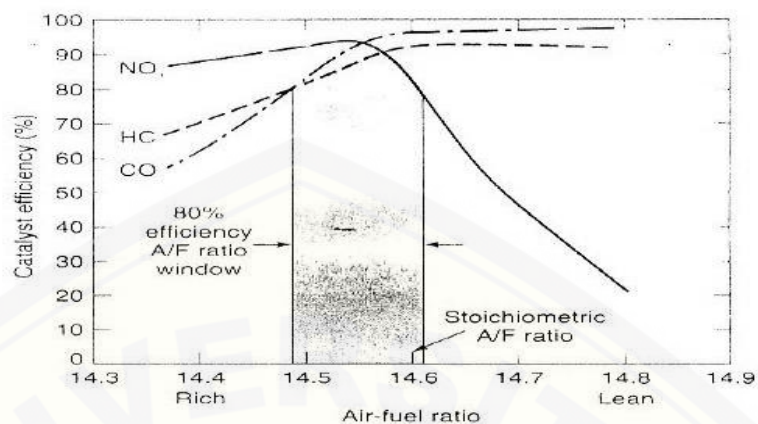
Pada temperatur di atas 300 °C, efisiensi konversi katalis dari sebuah konverter baru dapat berkisar antara 98 % sampai 99 % untuk emisi CO dan lebih dari 95 % untuk emisi HC. Namun untuk temperatur dibawah 300 °C, katalis tidak efektif secara praktek, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Efisiensi konversi CO & HC relatif terhadap temperatur gas buang

Sumber : Heisler, 1995

Efisiensi konversi CO, HC dan NO_x oleh katalis juga tergantung pada *air/fuel ratio*, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi pengoperasian mesin harus pada *air/fuel ratio* yang *stoichiometry*. Pada gambar 2.4 terdapat range yang kecil dari *air/fuel ratio* dekat *stoichiometry* dimana efisiensi konversi yang tinggi untuk ketiga polutan dapat dicapai. Lebar dari range *air/fuel ratio* tersebut adalah sekitar 0,1 untuk katalis dengan pemakaian tinggi dan tergantung pada formulasi katalis serta kondisi operasi mesin.



Gambar 2.4 Efisiensi konversi untuk CO, HC dan NO_x terhadap *air/fuel ratio*

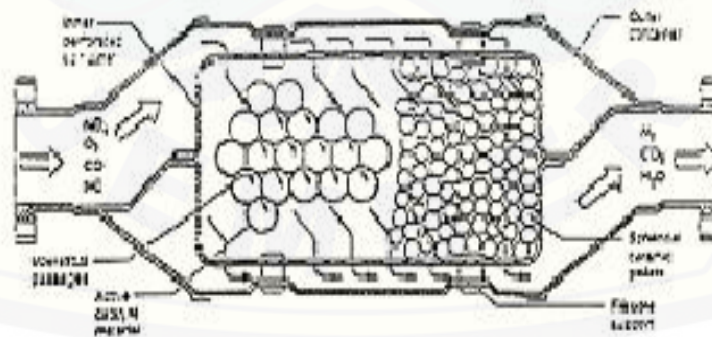
Sumber : Heywood, 1988

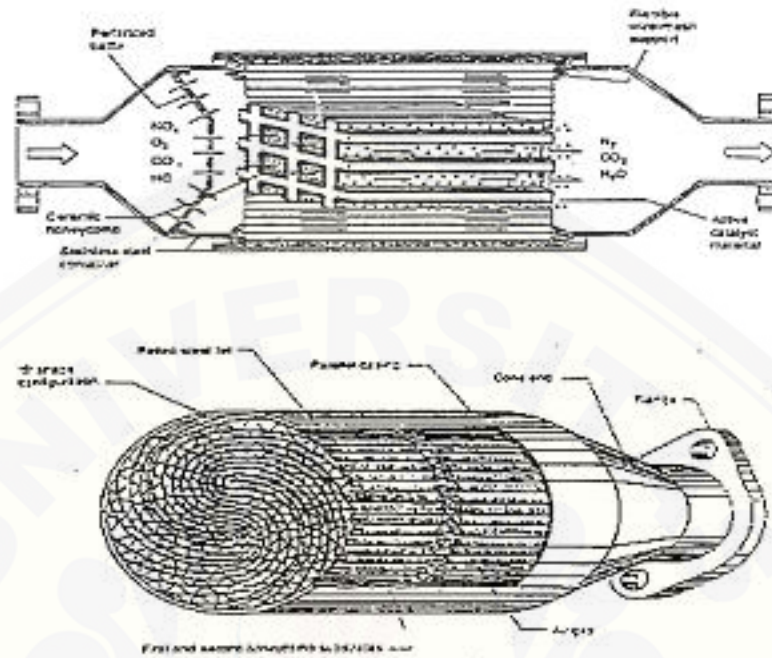
2.5.4 Konstruksi *Catalytic Converter*

Konstruksi *catalytic converter* yang telah ada adalah sebagai berikut :

1. *Ceramic pellets*
2. *Ceramic honeycomb (monolith)*
3. *Metallic honeycomb (monolith)*

Konstruksi *catalytic converter* tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



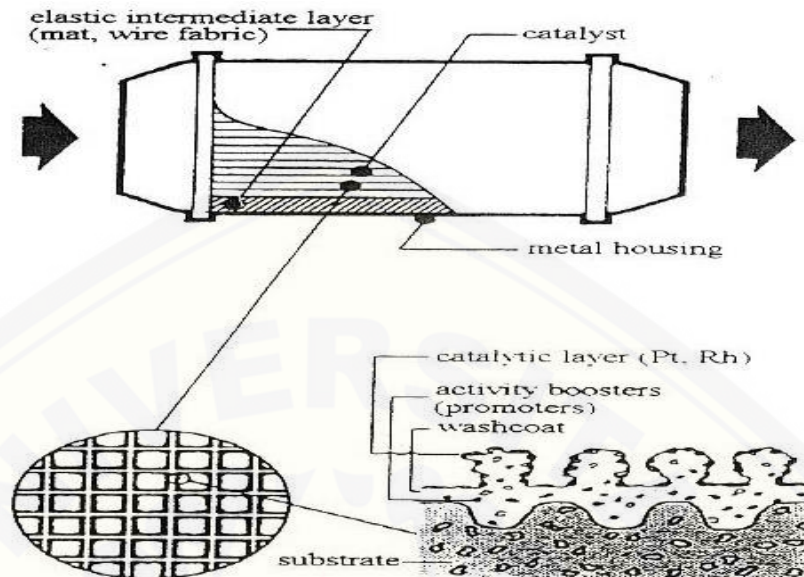


Gambar 2.5 Konstruksi *catalytic converter* (a. Tipe *ceramic pellets*, b. Tipe *ceramic honeycomb (monolith)*, c. Tipe *metallic honeycomb (monolith)*)

Sumber : Heisler, 1995

Secara struktur *catalytic converter* yang telah dibuat terdiri dari tiga bagian penting, yaitu :

1. *Substrate*, yaitu struktur yang rigid seperti anyaman sarang lebah dan terbuat dari material *ceramic* atau logam
2. *Washcoat*, dilapiskan pada material *substrate* dan digunakan untuk meningkatkan aktifitas lapisan logam katalis
3. *Catalytic layer*, dilapiskan pada *washcoat* dan terdiri atas *noble metals* (platinum, palladium, rhutenium atau rhodium)



Gambar 2.6 Struktur *catalytic converter* dengan desain *monolith*

Sumber : Jenbacher, 1996

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai katalis pada *catalytic converter* adalah (Nugroho, 2004) :

1. Logam

Logam mulia dan logam transisi memiliki keaktifan spesifik yang tinggi dan kegunaannya sebagai katalis oksidasi telah banyak diketahui. Katalis logam yang banyak digunakan dalam hal ini adalah platinum (Pt), palladium (Pd), dan rhodium (Rh). Katalis yang digunakan pada temperatur tinggi untuk oksidasi HC atau CO umumnya dibuat dari logam mulia. Namun karena persediaan logam mulia yang terbatas dan harganya yang mahal membatasi pemakaiannya. Logam-logam mulia tersebut mempunyai aktifitas spesifik yang tinggi, namun memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi, dan mudah tersinter (membara) pada suhu 500-900 °C, sehingga dapat mengurangi permukaan aktif katalis.

2. Oksida Logam

Reaksi oksidasi memerlukan ion logam yang dapat memiliki lebih dari satu bilangan oksidasi. Oksidasi logam yang sering digunakan adalah oksida logam transisi seperti NiO, MnO, ZnO, CuO dan Cr₂O₃. Keuntungan dari oksida logam adalah harga yang relatif murah dan kelimpahan tinggi.

Katalis Cu+Cr menunjukkan efektifitas yang lebih tinggi dibanding dengan katalis dalam bentuk oksida tunggal. Katalis seperti CuO, NiO, dan Cr₂O₃ memiliki aktifitas katalitik yang baik untuk oksidasi gas CO. Keaktifan katalis-katalis tersebut akan meningkat jika berada dalam bentuk campuran seperti Cu+Cr.

3. Keramik

Keramik yang dipakai sebagai katalis adalah keramik dengan bahan dasar tanah atau batuan yang mengandung aluminium silikat dan kation alkali atau alkali tanah seperti K, Ba, Ca, Na, Mg dan lain-lain. Bahan dasar tersebut dapat berupa tanah kaolin atau zeolit dari berbagai jenis yang dibakar dan dicetak sesuai dengan desain konstruksi *catalytic converter* yang diinginkan. Pada pemakaiannya desain konstruksi dapat berupa *ceramic pellet* atau berupa *ceramic honeycomb*, yaitu berbentuk seperti sarang lebah.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang *catalytic converter* (katalis) untuk mengurangi konsentrasi polutan (gas tercemar) pada kendaraan bermotor telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya :

- Mokhtar (2012), menggunakan jenis katalis pipa tembaga untuk mengurangi emisi gas buang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis pipa tembaga dapat menurunkan emisi gas HC sebesar 28,354%, Emisi CO sebesar 36.904% dan emisi CO₂ sebesar 49,7338%.
- Fajar (2012), Menggunakan logam katalis baja karbon rendah AISI 1020 dengan jenis serabut untuk mengurangi emisi gas buang. Hasil penelitian

menunjukkan dapat menurunkan emisi karbon monoksida (CO) sebesar 32,97% dan untuk penurunan Hidro karbon (HC) sebesar 40,43%.

- Astika (2000), menggunakan katalis tembaga (Cu) untuk mengurangi konsentrasi polutan gas buang pada motor bensin 4 langkah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu dapat menurunkan konsentrasi polutan CO sebesar 16,4% dan HC sebesar 32,05%.
- Jingga (2000), menggunakan katalis Magnesium (Mg) untuk mengurangi konsentrasi polutan gas buang pada motor bensin 4 langkah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis Mg dapat menurunkan konsentrasi gas CO sebesar 16,47 %, HC 24,46 %, sedangkan gas NO_x tidak ada perubahan.
- Setiawan (2001), menggunakan katalis zeolit untuk mengurangi konsentrasi polutan gas buang motor bensin 4 langkah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit mampu menurunkan konsentrasi polutan gas HC sebesar 58,23% dan NO_x sebesar 50,82%, sedangkan pada polutan CO terjadi kenaikan sebesar 33,94%.

2.7 Hipotesis

Catalytic converter akan dapat mengurangi emisi gas buang CO dan HC yang direduksi menjadi gas yang tidak berbahaya pada kendaraan bermotor. Selain itu penggunaan *catalytic converter* juga akan berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin yaitu torsi (T), daya (Ne), dan *fuel consumption* (FC).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

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 gas buang, khususnya dalam hal rancang bangun *catalytic converter*.

Metode penelitian yang dipakai disini adalah metode *experimental*, yaitu dengan melakukan uji emisi kendaraan bermotor tanpa menggunakan *catalytic converter* dan menggunakan *catalytic converter* berbahan plat baja A36 yang berbentuk pipa berlubang.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2016 sampai selesai. Penelitian ini akan dilakukan rencana kerja yang telah disusun diantaranya adalah:

1. Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
2. Laboratorium Pengujian Performa Mesin Politeknik Negeri Jember.
3. Dealer Yamaha Surya Inti Putra Kebonsari Jember

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. Mesin Uji Mesin Honda Absolute Revo 110 cc tahun 2010
 1. Motor Bensin 4-Langkah dengan spesifikasi sebagai berikut;
 - Tipe mesin : 1 silinder, 4 Langkah SOHC
 - Diameter x langkah : 50 x 55,6 mm

- Volume langkah : 109,1 cm³
- Perbandingan kompresi : 9,0 : 1
- Daya maksimum : 8,46 PS/7.500rpm
- Torsi maksimum : 0,86 kg-m / 5.500 rpm
- Kapasitas Oli mesin : 0,8 liter
- Sistem penggerak : Kopling basah
- Gigi transmisi : 4 kecepatan, bertautan tetap
- Starter : Pedal kick starter & Starter listrik
- Aki : NF Battery, 12 V – 3,5 Ah
- Busi : NGK : C6HSA, C7HSA (standard)
- Sistem pengapian : Pengapian elektrolis CDI
(tanpa platina)

b. Knalpot standart dan knalpot dengan *catalytic converter*

c. *Motor Cycle Dinamometer* dengan spesifikasi sebagai berikut;

- Merk Mesin : *Rextor Sportdyno*
- Type : *Motor Cycle SP1/SP3 V3.3*
- Perlengkapan Pendukung:
 - Terminal sensor *Dyno Test*
 - Sensor kecepatan putaran mesin
 - Sensor kecepatan putaran roller dynamometer

d. *Exhaust gas analyzer*

Untuk mengukur dan menguji emisi gas buang Carbon Monoksida pada penelitian ini peneliti akan menyiapkan dan menggunakan *Gas Analyzer* Texa Gasbox Autopower.



Gambar 3.1 Texa gasbox autopower

- e. Alat pengukur putaran mesin (Tachometer)
- f. Stop Watch
- g. Blower
- h. Buret

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Logam katalis plat baja *carbon* rendah A36 sebagai logam katalis pengisi *catalytic converter*
- b. Bensin premium

3.4 Variabel Penelitian

Variabel pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, diantaranya adalah

- a. Variasi luas kontak *catalytic converter* dengan emisi gas buang
- b. Variasi putaran mesin (rpm)

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel Terikat merupakan suatu variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- a. Kadar konsentrasi polutan gas karbonmonoksida (CO)
- b. Kadar konsentrasi polutan gas hidrokarbon (HC)
- c. Torsi
- d. Daya efektif
- e. Konsumsi bahan bakar

3.5 Prosedur Penelitian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini ada 2 macam yaitu:

1. Pengujian menggunakan knalpot standart

Pada pengujian standart tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Tahap persiapan pengambilan data

Setelah proses penyusunan peralatan dan motor uji sudah terpasang dengan baik pada *dynotest* maka dilakukan proses pengecekan pada kondisi pemasangan motor, pengecekan terhadap alat ukur dan sensor-sensor alat ukur yang terhubung pada terminal *dynotest*. Setelah semua terpasang dengan baik, atur posisi *blower* sebagai pendingin mesin.

b. Tahp pengambilan data

Tahapan proses pengambilan data dapat diperinci sebagai berikut:

- 1) Mengatur volume bahan bakar premium pada tabung ukur (*buret*);
- 2) Menghidupkan mesin;
- 3) Memulai pengambilan data oleh *dynotest* dengan range putaran 2000 – 9000 rpm. Pengambilan dilakukan dengan membuka

throttle mulai 2000 rpm dan selanjutnya setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan data selesai;

- 4) Menghentikan mesin motor sampai keadaan mesin dingin;
- 5) Untuk menguji konsumsi bahan bakar dilakukan dengan kecepatan konstan yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm dan 9000 rpm pada posisi gigi 4. Pengujian dilakukan dengan konsumsi bahan bakar tiap tahap putaran sebesar 25 ml dan catat waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar tersebut;
- 6) Untuk pengujian emisi gas buang dilakukan dengan memasang alat *gas analyzer* pada lubang knalpot.

c. Akhir pengambilan data

Setelah proses pengujian atau pengambilan data selesai langkah selanjutnya adalah:

- 1) Mematikan semua alat elektronik yang digunakan selama pengujian;
- 2) Melepaskan semua sensor – sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji;
- 3) Menurunkan kendaraan uji dan memeriksa seluruh keadaan mesin uji.

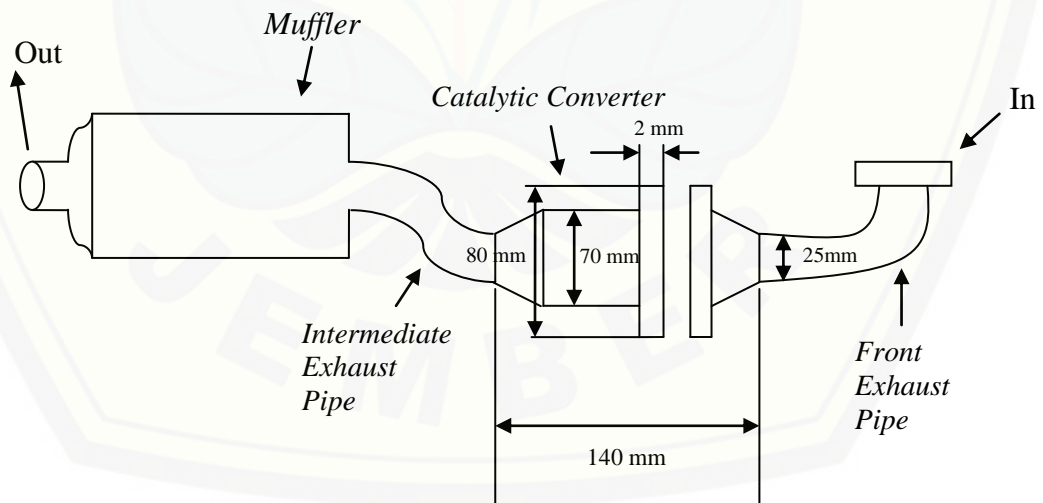
2. Pengujian menggunakan knalpot modif dengan *catalytic converter*

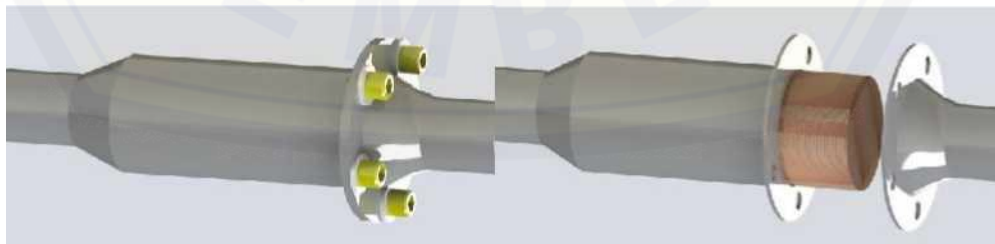
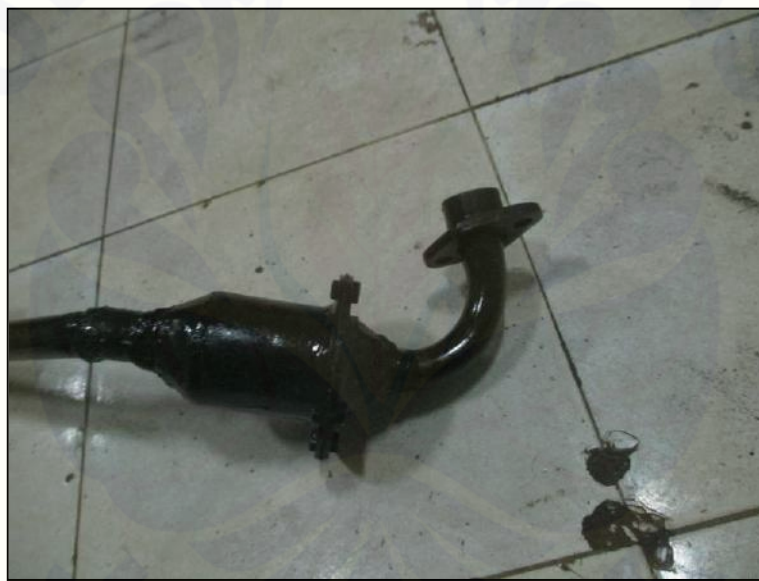
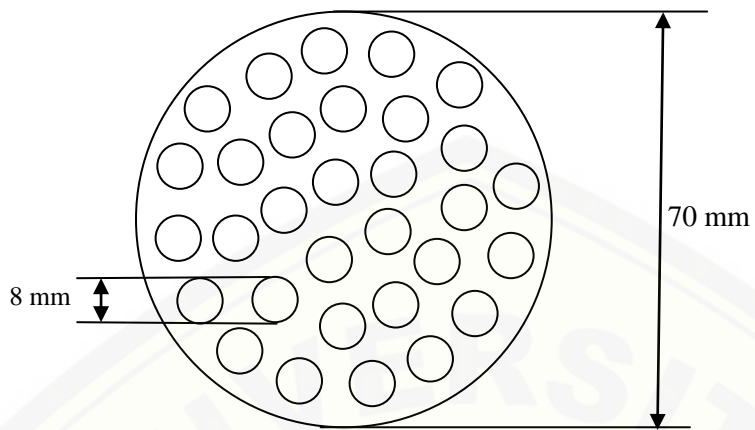
Pada pengujian ini tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Mengatur volume bahan bakar premium pada tabung ukur (*buret*);
- 2) Memasang knalpot modif *catalytic converter*;
- 3) Menghidupkan mesin;
- 4) Memulai pengambilan data oleh *dynotest* dengan range putaran 2000 – 9000 rpm. Pengambilan dilakukan dengan

- membuka throttle mulai 2000 rpm dan selanjutnya setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan data selesai;
- 5) Menghentikan mesin motor sampai keadaan mesin dingin;
 - 6) Untuk menguji konsumsi bahan bakar dilakukan dengan kecepatan konstan yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 dan 9000 rpm pada posisi gigi 4. Pengujian dilakukan dengan konsumsi bahan bakar tiap tahap putaran sebesar 25 ml dan catat waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar tersebut;
 - 7) Untuk pengujian emisi gas buang dilakukan dengan memasang alat *gas analyzer* pada lubang knalpot.
 - 8) Mengulangi langkah 1 s.d 7 dengan variasi jumlah lubang pada *catalytic converter*

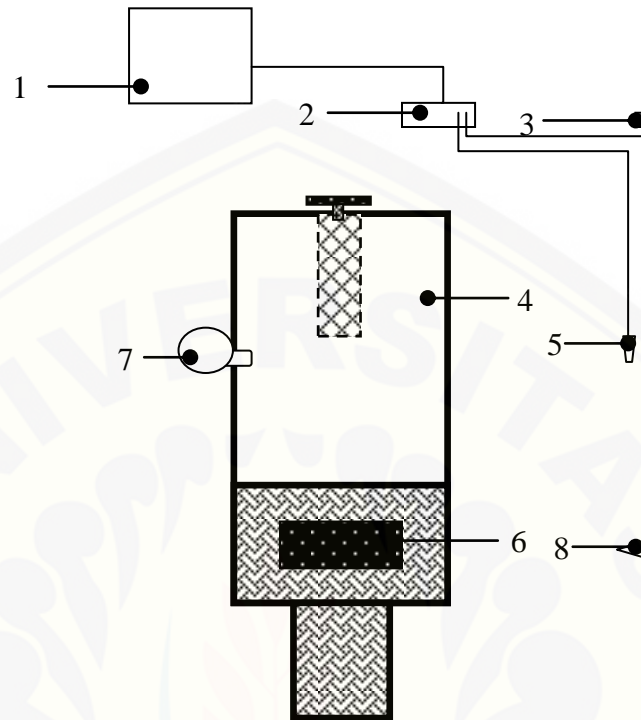
3.6 Desain *catalytic converter*





Gambar 3.2 Pemasangan katalis di knalpot

3.7 Skema Alat Uji



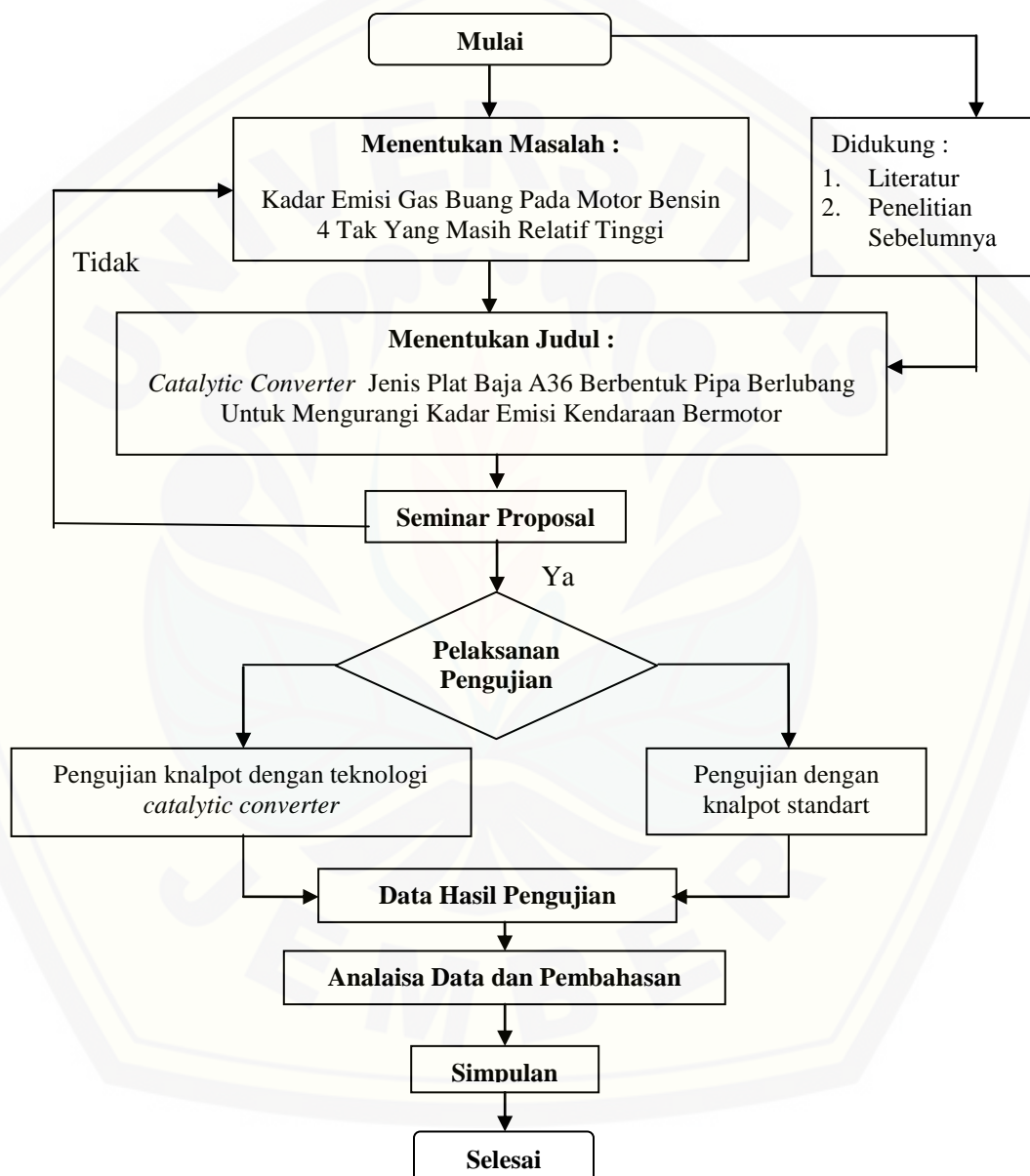
Gambar 3.3 Skema alat uji dynotest

Keterangan :

1. Komputer;
2. Konsol pengonversi;
3. Buret;
4. *Chasis dynotest*;
5. Sensor putaran mesin;
6. *Roller*;
7. *Blower* atau kipas;
8. Sensor AFR

3.8 Diagram alir penelitian

Tahap – tahap penelitian yang akan dilakukan ini dapat disederhanakan dalam bentuk diagram alir (*flow chart*) seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.4 Bagan alir metode penelitian

BAB.5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian *Catalytic Converter* Jenis Plat Baja A36 Berbentuk Pipa Berlubang Untuk Mengurangi Kadar Emisi Kendaraan Bermotor dapat disimpulkan bahwa:

1. Secara umum pemakaian *catalytic converter* menghasilkan torsi, daya dan *fuel consumption* yang optimum dari pada kondisi standart dengan variasi *catalytic converter* dengan variasi diameter lubang pipa 10 mm.
2. Torsi (T) rata-rata tertinggi terdapat pada variasi *catalytic converter* yaitu sebesar 0,68 N.m pada putaran mesin 3000 rpm, Daya (Ne) rata-rata tertinggi terdapat pada variasi *catalytic converter* yaitu sebesar 5,36 HP pada putaran mesin 7000 rpm dan Pada *Fuel Consumption* (FC) rata-rata terendah diperoleh pada variasi *catalytic converter* sebesar 0,6808 kg/jam. Dengan demikian *catalytic converter* dapat meningkatkan Torsi (T), Daya (Ne) dan *Fuel Consumption* (FC) dari pada knalpot tanpa *catalytic converter*.
3. Penurunan emisi terbaik sesuai dengan peraturan kementerian lingkungan hidup tentang ambang batas emisi gas buang terdapat pada variasi *catalytic converter* dengan hasil CO terendah sebesar 1,46 %, sedangkan HC sebesar 125 ppm pada putaran idle. *Catalytic Converter* itu sendiri bekerja efektif saat kondisinya panas.

5.2 Saran

Saran yang dapat diajukan agar percobaan berikutnya dapat lebih baik dan dapat menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan memvariasikan desain *catalytic converter* dan tebal plat katalis.
2. Pemakaian *catalytic converter* dengan bahan plat baja A36 perlu di kaji tentang batas waktu penggunaan.
3. Perlu dilakukan penelitian pengaruh penggunaan *catalytic converter* berbahan plat baja karbon A36 terhadap konsentrasi emisi NO_x.
4. Perlu dilakukan penelitian pengaruh temperature efektif terhadap katalis dalam menurunkan kadar emisi gas buang

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. (1994) *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Penerbit ITB, Bandung.
- Astika, I K. (2000) *Studi Eksperimen tentang Pengaruh Penggunaan Tembaga sebagai Catalytic Muffler terhadap Emisi CO, HC dan NO_x dari Motor Bensin 4-Langkah*. Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- Bahl, B. S. dkk. (1997) *Essentials of Physical Chemistry*. S. Scand & Company Ltd., New Delhi.
- Baxa, D. E. (1982) *Noise Control in Internal Combustion Engines*. John Wiley & Sons Inc., Canada.
- Boedisantoso, R. (2002) *Teknologi Pengendalian Pencemar Udara*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Dowden, D. A. dkk. (1970) *Catalytic Handbook*. Springer-Verlag Wien, New York.
- Fogler, S. H. (1992) *Element of Chemical Reaction Engineering*. Prentice-Hall International Inc., Michigan.
- Heisler, H. & Arnold, E. (1995) *Advanced Engine Technology*. Hodder Headline PLC, London.
- Heywood, J. B. (1988) *Internal Combustion Engine Fundamental*. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Hill, C. G. (1997) *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design*. John Wiley & Son Inc., Canada.
- Incropera, F. P. & DeWitt, D. P. (2002) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Wiley & Sons, Singapore.
- Jenbacher Energie Systeme, (1996) *Spark Ignition Engine Design*. Vol. 3. Jenbacher Energie, Osterreich.

- Jingga, I. N. (2000) *Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Magnesium sebagai Pereduksi Pplutan di Muffler Motor Bensin 4 Langkah*. Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, Surabaya.
- Kristanto, P. (2005) *Emisi Sarana Angkutan Perkotaan, Kualitas Udara dan Kesehatan Masyarakat - Seminar Automotive Trend and Globalization Technology in Era 21st Century*. Jurusan Teknik Mesin UK Petra, Surabaya.
- Martyn, V. T. (1996) *Catalyst Handbook*. Manson Publishing Ltd., London.
- Mathur, M. L. & Sharma, R. P. (1980) *A Course In Internal Combustion Engine*. Dhanpat Rai & Son, Nai Sarak Delhi.
- Milton, B. E. (1995) *Thermodynamics, Combustion and Engines*. Chapman & Hall, London.
- Muhaji. (2001) *Pengaruh Zeolit Alam dan Mn sebagai Katalis Silincer Sepeda Motor 4 Langkah Terhadap Kadar Emisi Gas Buang, Unjuk Kerja dan Sound Pressure Level*. Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, Surabaya.
- Nevers, N. D. (1995) *Air Pollution Control Engineering*. McGraw-Hill Inc., USA.
- Nugroho, J. (2004) *Uji Kemampuan Catalytic Converter Zeolit untuk Mereduksi Polutan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.
- Obert, E. F. (1973) *Internal Combustion Engines and Air Pollution*. Harper & Row Publishers Inc., New York.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2006) *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*.
- Pranoto Aji. (2012) *Efek Perubahan Ukuran Diameter Header Knalpot Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Akselerasi pada Sepeda Motor 4 Tak*. Jurusan Teknik Mesin IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Pulkrabek, W. W. (2004) *Engineering Fundamental of The Internal Combustion Engine*. Pearson Prentice-Hall, New Jersey.

- Saefudin, A. (2005) *Penerapan Program Pemeriksaan Emisi dan Pemeliharaan Kendaraan (I/M) - Seminar Automotive Trend and Globalization Technology in Era 21st Century*. Jurusan Teknik Mesin UK Petra, Surabaya.
- Santini, S. (2000) *On Board Diagnosis for Three-Way Catalytic Converter*. Universita di Napoli Federico II – Universita del Sannio, Italia.
- Schafer, F. & Basshuysen, R. V. (1995) *Reduced Emission and Fuel Consumption in Automobile Engines*. Springer-Verlag Wien, New York.
- Schnelle, K. B. & Brown, C. A. (2002) *Air Pollution Control Technology Handbook*. CRC Press, Boca Raton.
- Setiawan, E. D. (2001) *Studi Eksperimental terhadap Pengurangan Polutan Gas Buang Motor Bensin 4 Langkah dengan Penggunaan Zeolit*. Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- Soenarta, N. (1985) *Motor Serba Guna*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Somorjai, G. A. (1994) *Introduction to Surface Chemistry and Catalysis*. John Wiley & Son, Canada.
- Swisscontact. (2000) *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*. Swisscontact Clean Air Project, Jakarta.
- Technical Servis Division PT. Astra Honda Motor. (2006) *Panduan Penjualan Karisma*, PT. Astra Honda Motor, Jakarta.
- Toyota Motor Sales. (2003) *Emission Sub System*. Toyota Motor Sales, USA.

LAMPIRAN

A. Torsi (T) dan Daya Efektif (Ne) terhadap putaran mesin

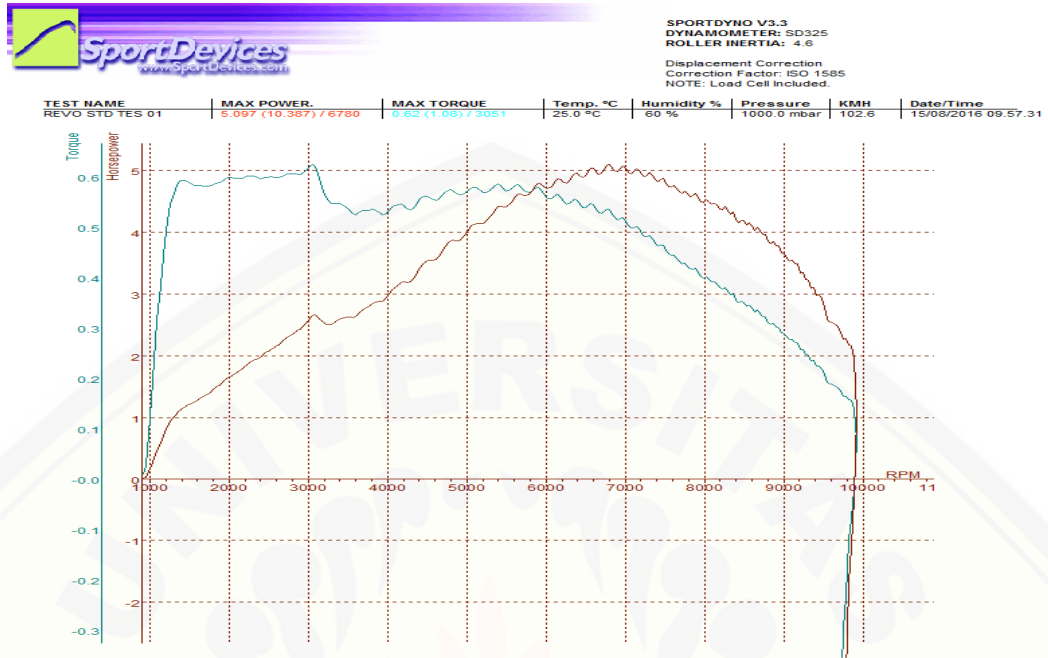
A.1 Torsi (T) dan Daya Efektif (Ne) pada knalpot standart dan knalpot *catalytic converter* dengan variasi diameter lubang 8 mm, 10 mm dan 12 mm.

Tabel A.1 Torsi menggunakan knalpot standart pada percobaan 1, 2 dan 3

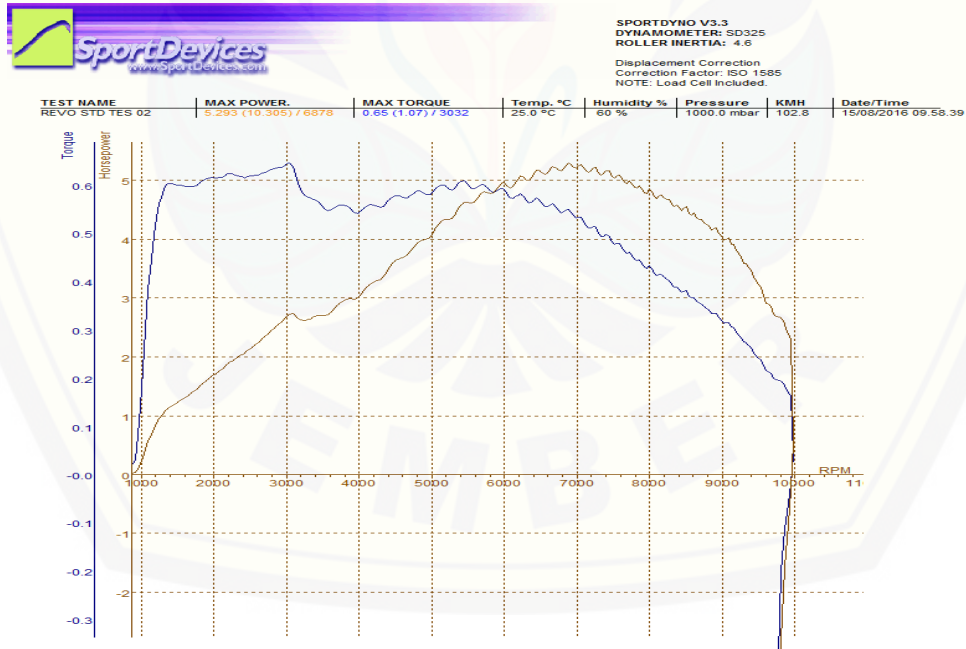
Putaran rpm	Torsi (N.m)			
	std	8 mm	10 mm	12 mm
2000	0.61	0.64	0.61	0.67
2500	0.62	0.65	0.65	0.67
3000	0.64	0.67	0.68	0.67
3500	0.55	0.58	0.60	0.59
4000	0.54	0.62	0.63	0.62
4500	0.58	0.64	0.65	0.65
5000	0.58	0.65	0.65	0.65
5500	0.60	0.63	0.63	0.63
6000	0.59	0.59	0.60	0.60
6500	0.56	0.57	0.60	0.57
7000	0.53	0.54	0.55	0.54
7500	0.48	0.50	0.50	0.49
8000	0.43	0.46	0.47	0.46
8500	0.37	0.43	0.43	0.42
9000	0.31	0.38	0.39	0.39
9500	0.23	0.32	0.33	0.32
Max	0.64	0.67	0,68	0.67
rata2	0.51	0,55	0,56	0,56

Tabel A.2 Daya menggunakan knalpot standart pada percobaan 1,2 dan 3

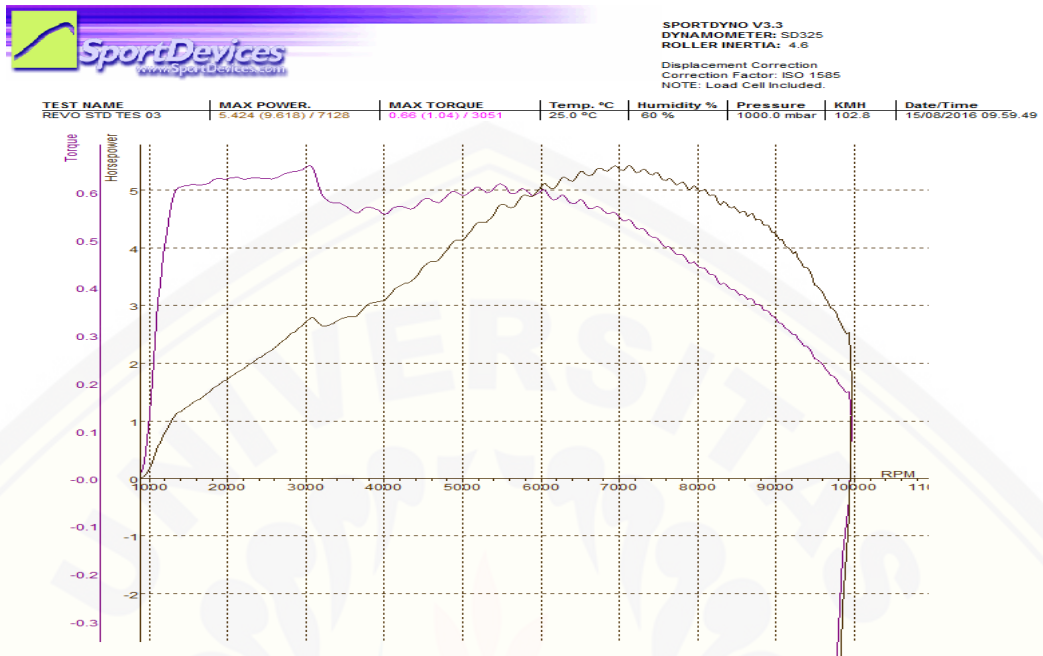
Putaran rpm	std	daya (HP)		
		8 mm	10 mm	12 mm
2000	1.70	1.78	1.68	1.86
2500	2.14	2.27	2.25	2.32
3000	2.68	2.78	2.83	2.81
3500	2.71	2.86	2.90	2.89
4000	3.04	3.46	3.50	3.47
4500	3.62	4.03	4.10	4.06
5000	4.07	4.54	4.57	4.53
5500	4.59	4.85	4.88	4.87
6000	4.92	5.01	5.07	5.05
6500	5.12	5.19	5.25	5.23
7000	5.20	5.29	5.36	5.29
7500	5.04	5.19	5.26	5.22
8000	4.79	5.13	5.25	5.19
8500	4.45	5.10	5.16	5.08
9000	3.96	4.79	4.96	4.88
9500	3.13	4.26	4.45	4.34
Max	5,20	5,29	5,36	5,29
rata2	3,82	4.16	4.22	4.19



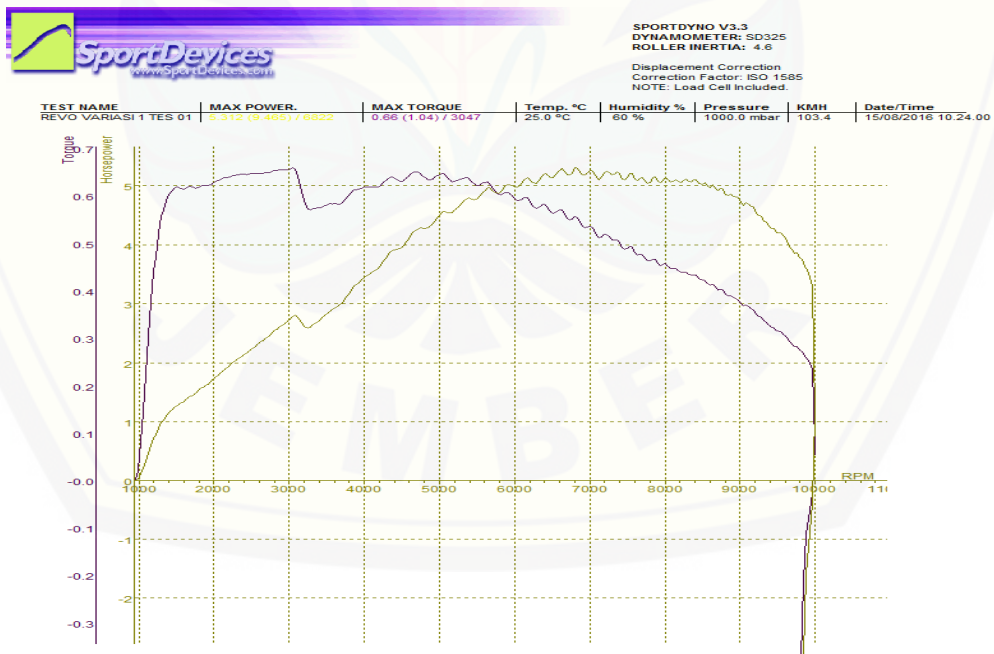
Gambar A.1 Grafik Torsi dan Daya knalpot standart pada percobaan 1



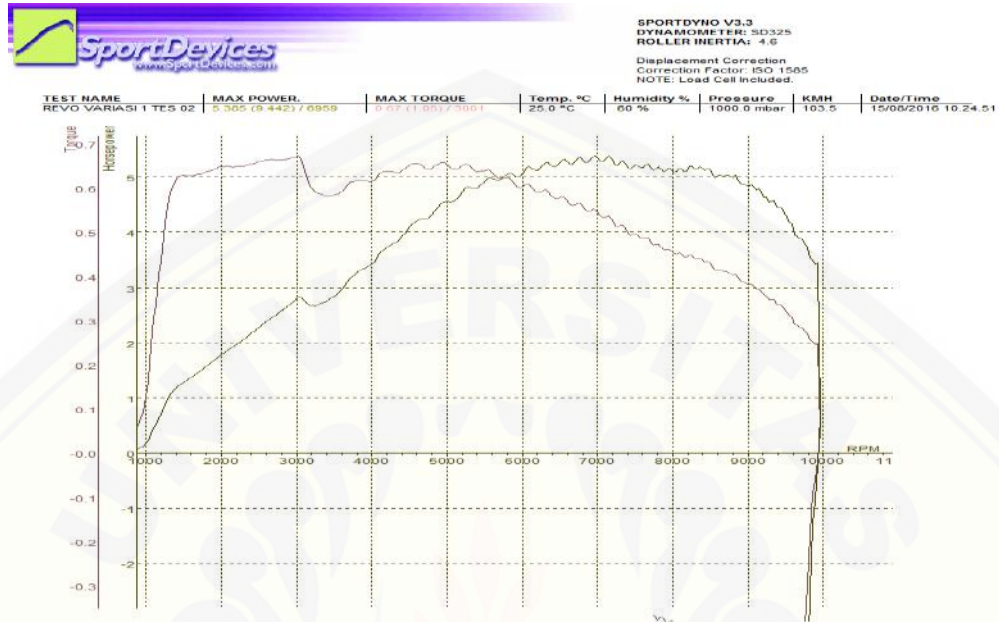
Gambar A.2 Grafik Torsi dan Daya knalpot standart pada percobaan 2



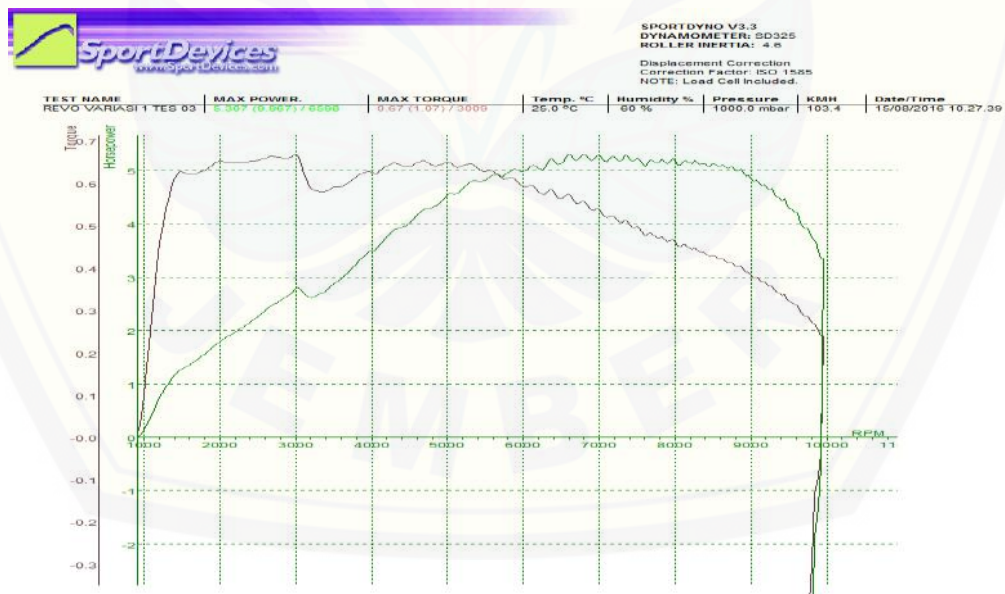
Gambar A.3 Grafik Torsi dan Daya knalpot standart pada percobaan 3



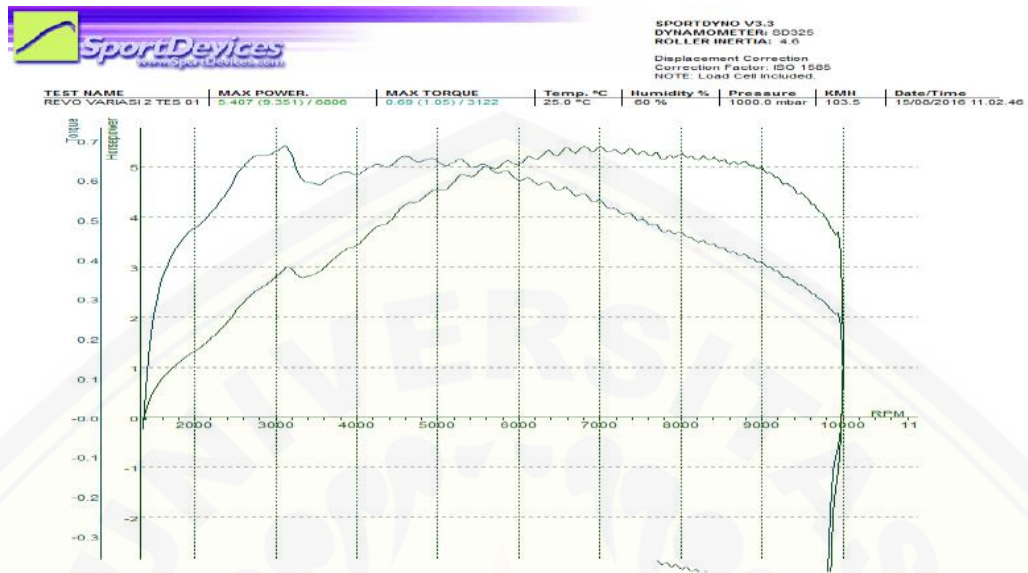
Gambar A.4 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 1 dengan diameter lubang 8 mm pada percobaan 1



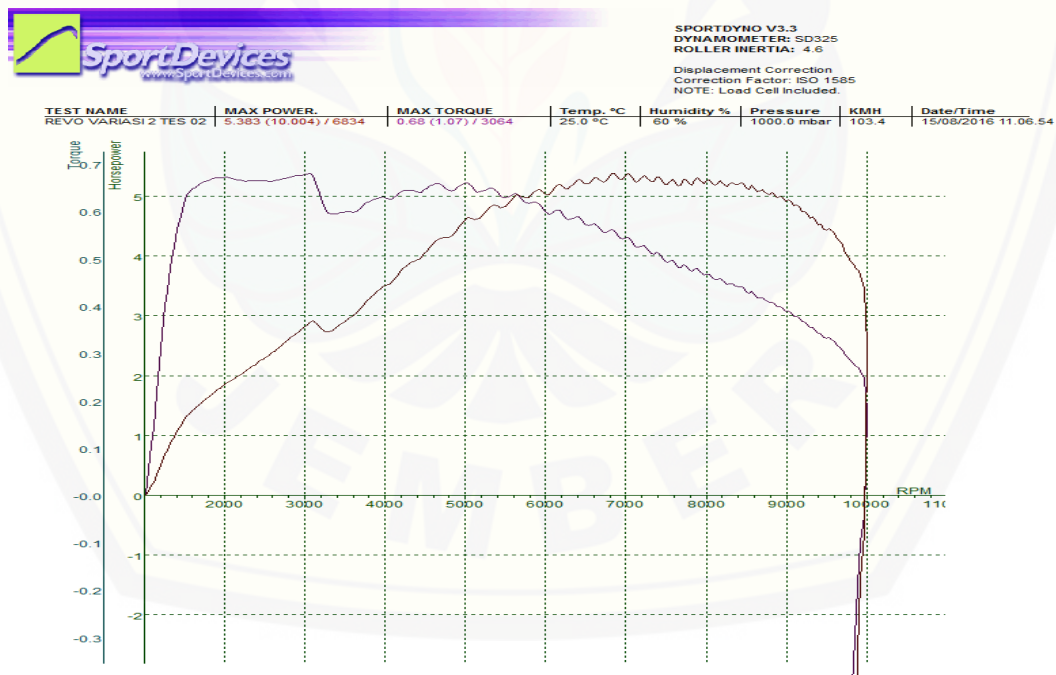
Gambar A.5 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 1 dengan diameter lubang 8 mm pada percobaan 2



Gambar A.6 Grafik dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 1 dengan diameter lubang 8 mm pada percobaan 3



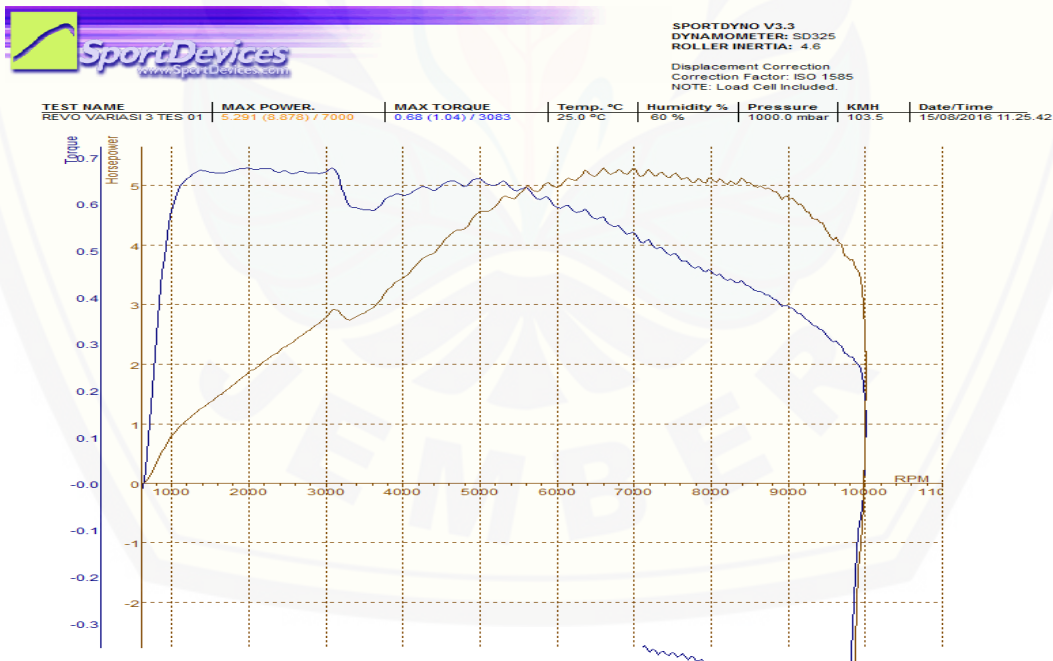
Gambar A.7 Grafik dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 2 dengan diameter lubang 10 mm pada percobaan 1



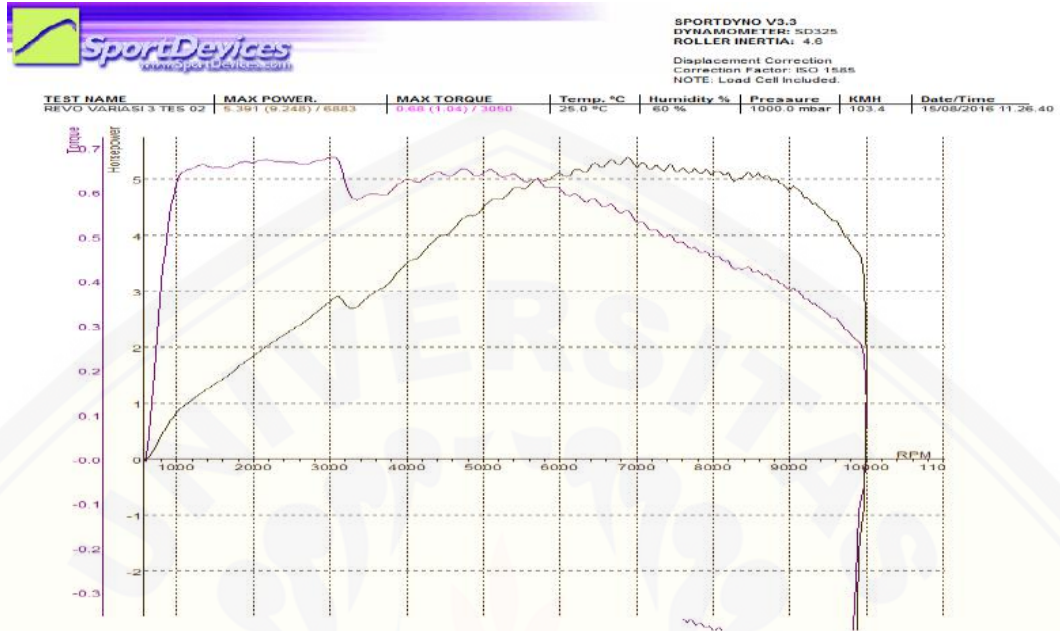
Gambar A.8 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 2 dengan diameter lubang 10 mm pada percobaan 2



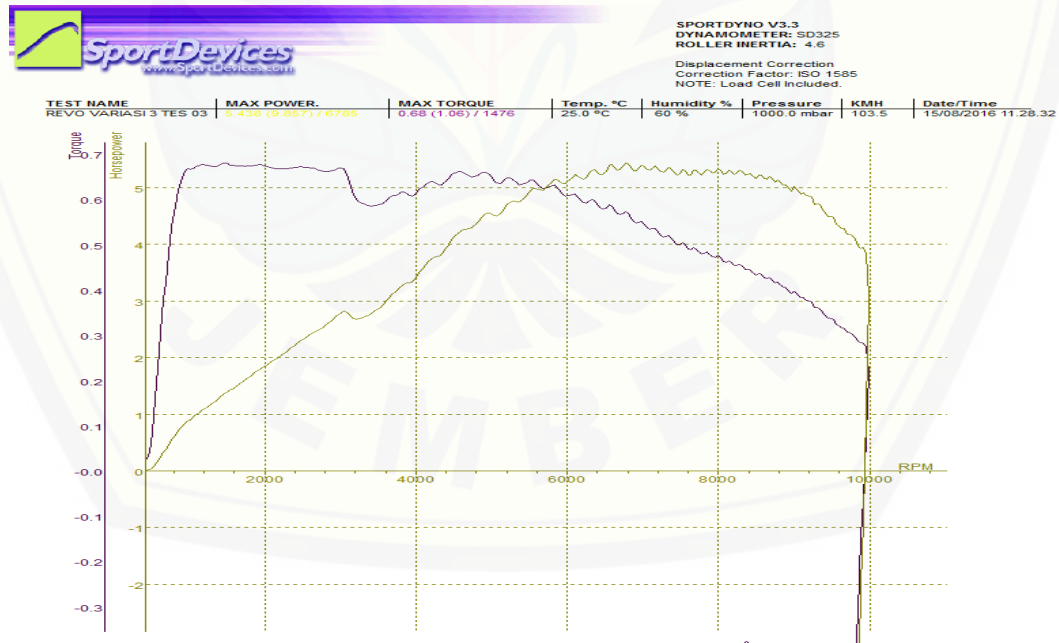
Gambar A.9 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 2 dengan diameter lubang 12 mm pada percobaan 3



Gambar A.10 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 3 dengan diameter lubang 12 mm pada percobaan 1



Gambar A.11 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 3 dengan diameter 12 mm pada percobaan 2



Gambar A.12 Grafik Torsi dan Daya knalpot *catalytic converter* variasi 3 dengan diameter 12 mm pada percobaan 3

B. Hasil Uji Emisi gas buang

Tabel B.1 Tabel hasil uji emisi CO dan HC

No	Pengujian	Kadar kandungan emisi	
		CO	HC
1	knalpot std tes 1	2.08	607
2	knalpot std tes 2	1.83	684
3	knalpot std tes 3	1.8	531
4	knalpot var 1 tes 1	1.49	192
5	knalpot var 1 tes 2	1.66	221
6	knalpot var 1 tes 3	1.5	193
7	knalpot var 2 tes 1	1.5	132
8	knalpot var 2 tes 2	1.42	120
9	knalpot var 2 tes 3	1.46	122
10	knalpot var 3 tes 1	1.71	416
11	knalpot var 3 tes 2	1.52	367
12	knalpot var 3 tes 3	1.4	321

Tabel B.2 Tabel hasil rata-rata uji emisi CO dan HC

Variasi	Parameter	
	CO (%)	HC (ppm)
std	1.9	607
8 mm	1.55	202
10 mm	1.46	125
12 mm	1.54	368

Print preview SELECT TESTS X

Exhaust Emissions Test Results Test Date 16/09/2016
Test Time 16:57

Test Station	
Test station number	122

Vehicle details	
Plate	p3708
VIN	844-0440461 (1)
Manufacturer	honda
Model	avos
Registration date	16 september 2016
Fuel	

Measurement Result		
	Measured value	Unit
Engine rpm	---	rpm
Engine temperature	---	°C
CO	2.08	% vol.
CO2	3.3	% vol.
HC	607	ppm vol.
NOx	14.20	% vol.
NOy	0	% vol.
CHover	1.8	% vol.
HCover	1081	ppm vol.
Lambda	2.491	

Manufacturer	Model	Serial number	Approved certification number	Schedule check expiration	Status
TESA	DAMBON, Astopower	GGCCT008558	DE07M010P2060	25/09/2016	

Tested by: John Sudi Signature

OK Cancel

16 Sept 2016 17:12 ? Search

Gambar B.1 Hasil pengujian emisi knalpot standart pada percobaan 1

Print preview SELECT TESTS X

Exhaust Emissions Test Results Test Date 16/09/2016
Test Time 16:57

Test Station	
Test station number	122

Vehicle details	
Plate	p3708
VIN	844-0440461 (1)
Manufacturer	honda
Model	avos
Registration date	16 september 2016
Fuel	

Measurement Result		
	Measured value	Unit
Engine rpm	---	rpm
Engine temperature	---	°C
CO	1.83	% vol.
CO2	3.0	% vol.
HC	684	ppm vol.
NOx	14.80	% vol.
NOy	0	% vol.
CHover	1.6	% vol.
HCover	2000	ppm vol.
Lambda	2.700	

Manufacturer	Model	Serial number	Approved certification number	Schedule check expiration	Status
TESA	DAMBON, Astopower	GGCCT008558	DE07M010P2060	25/09/2016	

Tested by: John Sudi Signature

OK Cancel

16 Sept 2016 17:13 ? Search

Gambar B.2 Hasil pengujian emisi knalpot standart pada percobaan 2

ETS SELECT TESTS X

Print preview

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016
Test Time: 15:27

Test Station	
Test station number	125

Vehicle details	
Plate	PT 558
VIN	Meti standard (2)
Manufacturer	Isuzu
Model	TRX
Registration date	16 september 2016
Fuel	

Measurement Result		Measurement value	Unit
Engine rpm		---	rpm
Engine temperature		---	°C
CO		1.80	% vol.
CO ₂		12.2	% vol.
HC		251	ppm vol.
NO _x		16.60	% vol.
NO _x		0	% vol.
CO ₂ eq		3.4	% vol.
HC ₂ eq		1162	ppm vol.
Lambda		2.56	

Manufacturer	Model	Serial number	Approval certificate number	Initial valid check expiration	Status
TEXA	GASBOX Argoport	GGCPT00158	DE07M01OPT002	21-08-2018	Pass

Tested by: John Smith Signature

OK Cancel

16 Sept 2016 17:14 7 - Search

Gambar B.3 Hasil pengujian emisi knalpot standart pada percobaan 3

ETS SELECT TESTS X

Print preview

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016
Test Time: 15:33

Test Station	
Test station number	128

Vehicle details	
Plate	PT 558
VIN	Meti standard (2)
Manufacturer	Isuzu
Model	TRX
Registration date	16 september 2016
Fuel	

Measurement Result		Measurement value	Unit
Engine rpm		---	rpm
Engine temperature		---	°C
CO		1.49	% vol.
CO ₂		13.3	% vol.
HC		182	ppm vol.
NO _x		13.70	% vol.
NO _x		0	% vol.
CO ₂ eq		3.8	% vol.
HC ₂ eq		485	ppm vol.
Lambda		2.487	

Manufacturer	Model	Serial number	Approval certificate number	Initial valid check expiration	Status
TEXA	GASBOX Argoport	GGCPT00158	DE07M01OPT002	21-08-2018	Pass

Tested by: John Smith Signature

OK Cancel

16 Sept 2016 17:07 7 - Search

Gambar B.4 Hasil pengujian emisi knalpot catalytic converter variasi 1 dengan diameter 8 mm pada percobaan 1

Print preview SELECT TESTS

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016
Test Time: 16:20

Test station number: 123

Vehicle details:

Plate: p1 88
VIN: 8UKCJ363100010001
Manufacturer: Honda
Model: Civic
Registration date: 16 September 2016
Fuel: Gas

Measurement Results:

Parameter	Measured value	Unit
Engine rpm	—	rpm
Engine temperature	—	°C
CO	1.66	% vol.
CO2	4.3	% vol.
HC	223	ppm vol.
NO	13.59	% vol.
NOx	0	% vol.
CO over	4.2	% vol.
HC over	557	ppm vol.
Lambda	2.289	

Manufacturer: HONDA, Model: CIVIC, Service number: OOCPT006158, Approved certificate number: DE37M010PT8002, Scheduled date expiration: 25/09/2016

Tested by: John Smith, Signature: _____

16 Sept 2016 17:09 7 - Search OK Cancel

Gambar B.5 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 1 dengan diameter 8 mm pada percobaan 2

Print preview SELECT TESTS

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016
Test Time: 16:20

Test station number: 123

Vehicle details:

Plate: p1 78
VIN: 8UKCJ363100010001
Manufacturer: Honda
Model: Civic
Registration date: 16 September 2016
Fuel: Gas

Measurement Results:

Parameter	Measured value	Unit
Engine rpm	—	rpm
Engine temperature	—	°C
CO	1.302	% vol.
CO2	4.1	% vol.
HC	199	ppm vol.
NO	13.83	% vol.
NOx	0	% vol.
CO over	4.9	% vol.
HC over	219	ppm vol.
Lambda	2.289	

Manufacturer: HONDA, Model: CIVIC, Service number: OOCPT006158, Approved certificate number: DE37M010PT8002, Scheduled date expiration: 25/09/2016

Tested by: John Smith, Signature: _____

16 Sept 2016 17:10 7 - Search OK Cancel

Gambar B.6 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 1 dengan diameter lubang 8 mm pada percobaan 3

Print preview

Exhaust Emissions Test Results

Test Date: 16/09/2016
Test Time: 16:28

Test status number		Test status
		123

Vehicle details	
Plate	p3798
VIN	AKK-CC-1A000-2 (2)
Manufacturer	Isuzu
Model	emo
Registration date	15 september 2016
Test	

Measurement Result		Measured value	Unit
Engine rpm	—	rpm	
Engine temperature	—	°C	
CO	1.20	% vol.	
CO2	12	% vol.	
HC	332	ppm vol.	
NO	12.70	% vol.	
NOx	0	% vol.	
CO+HC	2.9	% vol.	
HC+NOx	346	ppm vol.	
Lowlevel	2.02	ppm vol.	

Manufacturer	Model	Serial number	Approved certification number	Approved check expiration	Name
TRKA	GAMBOL Arogompe	00CF260218	DB17481 (P3798)	21-09-2018	

Tested by: Jaka Saiki

Signature: _____

16 Sept 2016 17:11 Search

Gambar B.7 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 2 dengan diameter lubang 10 mm pada percobaan 1

Print preview

Exhaust Emissions Test Results

Test Date: 16/09/2016
Test Time: 16:28

Test status number		Test status
		123

Vehicle details	
Plate	p3798
VIN	AKK-CC-1A000-2 (2)
Manufacturer	Isuzu
Model	emo
Registration date	15 september 2016
Test	

Measurement Result		Measured value	Unit
Engine rpm	—	rpm	
Engine temperature	—	°C	
CO	1.42	% vol.	
CO2	11	% vol.	
HC	120	ppm vol.	
NO	14.08	% vol.	
NOx	0	% vol.	
CO+HC	2.9	% vol.	
HC+NOx	138	ppm vol.	
Lowlevel	2.02	ppm vol.	

Manufacturer	Model	Serial number	Approved certification number	Approved check expiration	Name
TRKA	GAMBOL Arogompe	00CF260218	DB17481 (P3798)	21-09-2018	

Tested by: Jaka Saiki

Signature: _____

16 Sept 2016 17:11 Search

Gambar B.8 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 2 dengan diameter lubang 10 mm pada percobaan 2

ETS SELECT TESTS

Print preview

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016
Test Time: 16:28

Test status number		Test Status	
		123	

Vehicle details	
Plate	p3798
SN	Indo car variant 3 (3)
Manufacturer	Indo
Model	Indo
Registration date	05 september 2016
Test	

Measurement Result		Measured value	Unit
Engine rpm		—	rpm
Engine temperature		—	°C
CO		1.48	% vol.
CO2		4.0	% vol.
HC		1.12	ppm vol.
NO		13.89	% vol.
NOx		6	% vol.
CH4		4.8	% vol.
HC+CH4		2.92	ppm vol.
Leakhd		2.67	

Manufacturer	Model	Serial number	Approval verification number	Scheduled start expiration	Status
TEXA	GASBOX Response	000C700118	DB174810P7803	23/09/2016	

Tested by: Jaka Saah Signature: _____

OK Cancel

16 Sept 2016 17:11 Search

Gambar B.9 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 2 dengan diameter lubang 10 mm pada percobaan 3.

ETS SELECT TESTS

Print preview

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016
Test Time: 16:21

Test status number		Test Status	
		123	

Vehicle details	
Plate	p3798
SN	Indo car variant 3 (3)
Manufacturer	Indo
Model	Indo
Registration date	05 september 2016
Test	

Measurement Result		Measured value	Unit
Engine rpm		—	rpm
Engine temperature		—	°C
CO		1.71	% vol.
CO2		3.3	% vol.
HC		4.0	ppm vol.
NO		34.88	% vol.
NOx		0	% vol.
CH4		4.5	% vol.
HC+CH4		1.18	ppm vol.
Leakhd		2.88	

Manufacturer	Model	Serial number	Approval verification number	Scheduled start expiration	Status
TEXA	GASBOX Response	000C700118	DB174810P7803	23/09/2016	

Tested by: Jaka Saah Signature: _____

OK Cancel

16 Sept 2016 17:04 Search

Gambar B.10 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 3 dengan diameter lubang 12 mm pada percobaan 1.

Print preview ETS SELECT TESTS

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016 Test Time: 16:21

Test station number: 123

Vehicle details

Type	p/150
LNK	Indonesian version J (2)
Manufacturer	Isuzu
Model	isuzu
Registration date	16 september 2016
Test	

Measurement Result

	Measured value	Unit
Engine rpm	---	rpm
Engine temperature	---	°C
CO	1.12	% vol
CO2	2.8	% vol
HC	887	ppm vol
CHC	14.50	% vol
NOx	0	% vol
CO over	4.5	% vol
HC over	1680	ppm vol
LowIdle	2.754	

Manufacturer: Isuzu, Model: GASBOX, Registration number: GGCFT790578, Approval certificate number: DEP/3.000/ST/2016, Issued date: 20/09/2016

Tested by: Rika Saah, Signature: _____

16 Sept 2016 17:06 7 - Search

Gambar B.11 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 3 dengan diameter lubang 12 mm pada percobaan 2.

Print preview ETS SELECT TESTS

Exhaust Emissions Test Results Test Date: 16/09/2016 Test Time: 16:21

Test station number: 123

Vehicle details

Type	p/150
LNK	Indonesian version J (2)
Manufacturer	Isuzu
Model	isuzu
Registration date	16 september 2016
Test	

Measurement Result

	Measured value	Unit
Engine rpm	---	rpm
Engine temperature	---	°C
CO	1.10	% vol
CO2	2.8	% vol
HC	871	ppm vol
CHC	14.50	% vol
NOx	0	% vol
CO over	4.2	% vol
HC over	1661	ppm vol
LowIdle	2.857	

Manufacturer: Isuzu, Model: GASBOX, Registration number: GGCFT790578, Approval certificate number: DEP/3.000/ST/2016, Issued date: 20/09/2016

Tested by: Rika Saah, Signature: _____

16 Sept 2016 17:07 7 - Search

Gambar B.12 Hasil pengujian emisi knalpot *catalytic converter* variasi 3 dengan diameter lubang 12 mm pada percobaan 3.

C. Konsumsi Bahan Bakar terhadap putaran mesinTabel C.1 Konsumsi bahan bakar 25 ml pada knalpot standart dan knalpot *catalytic converter variasi diameter* diameter lubang 8 mm, 10 mm dan 12 mm.

rpm	Fuel Consumption (kg/jam)			
	standart	8 mm	10 mm	12 mm
2000	1.16	1.21	1.11	1.09
3000	1.39	1.46	1.34	1.35
4000	1.78	1.81	1.70	1.70
5000	2.23	2.07	2.04	2.00
6000	2.59	2.47	2.45	2.30
7000	3.10	2.99	3.01	2.89
8000	3.92	3.56	3.53	3.47
9000	5.20	5.14	4.43	4.84

D. Dokumentasi pengujian



Gambar D.1 Desain knalpot *catalytic converter*



Gambar D.2 Pipa katalis dengan bahan baja karbon A 36



Gambar D.3 Desain *catalytic converter* dengan pipa berlubang



Gambar D.4 Ruang pengujian (Chassis dynamometer, konsol pengonversi, dan seperangkat komputer)



Gambar D.5 Pemasangan knalpot menggunakan *catalytic converter*



Gambar D.6 Pengujian Emisi Gas buang



Gambar D.7 Alat Uji Emisi merk texa gasbox autopower



Gambar D.8 Perangkat komputer gas analyzer



Gambar D.9 Ruang pengujian Konsumsi Bahan bakar (Tachometer, buret)

TIANJIN METALLURGICAL NO.1 INTERNATIONAL TRADE CO., LTD.
 NO. 928, SOUTHERN DAGU ROAD, HEXI DISTRICT, TIANJIN, CHINA

MILL TEST CERTIFICATE

COMMODITY: STEEL SHEET IN COIL INVOICE NO.: SLS-YDCR13-019 DATE: DEC. 26, 2013

SIZE(MM)	NUMBER OF COILS	NET WEIGHT	chemical composition (total) %						Mechanical properties			
			C	Si	Mn	P	S	B	Yield strenght	Tensile strenght	Elongation on gauge length	Bead test
	(COILS)	(M/TONS)							N/mm ²	N/mm ²	%	a=180°
0.40 MM * 1219MM *C	4	38.110 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
0.45 MM * 1219MM *C	4	38.950 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
0.50 MM * 1219MM *C	4	39.350 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
0.60 MM * 1219MM *C	10	97.980 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
0.70 MM * 1219MM *C	10	97.810 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
0.80 MM * 1219MM *C	10	98.390 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
0.90 MM * 1219MM *C	10	97.550 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
1.00 MM * 1219MM *C	10	98.220 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
1.10 MM * 1219MM *C	7	58.220 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
1.20 MM * 1219MM *C	6	58.500 MT	0.040	0.014	0.165	0.017	0.006	0.0021	235	360	42	qualified
TOTAL	75 Coils	723.080 MT										

Gambar D.10 Sertifikat Plat baja karbon rendah A 36