



**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR KATALIS BAJA  
KARBON RENDAH TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA  
KENDARAAN BERMOTOR**

**SKRIPSI**

Oleh

**Kamal Surya Asitra**

**121910101020**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR KATALIS BAJA  
KARBON RENDAH TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA  
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

**Kamal Surya Asitra**

**121910101020**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

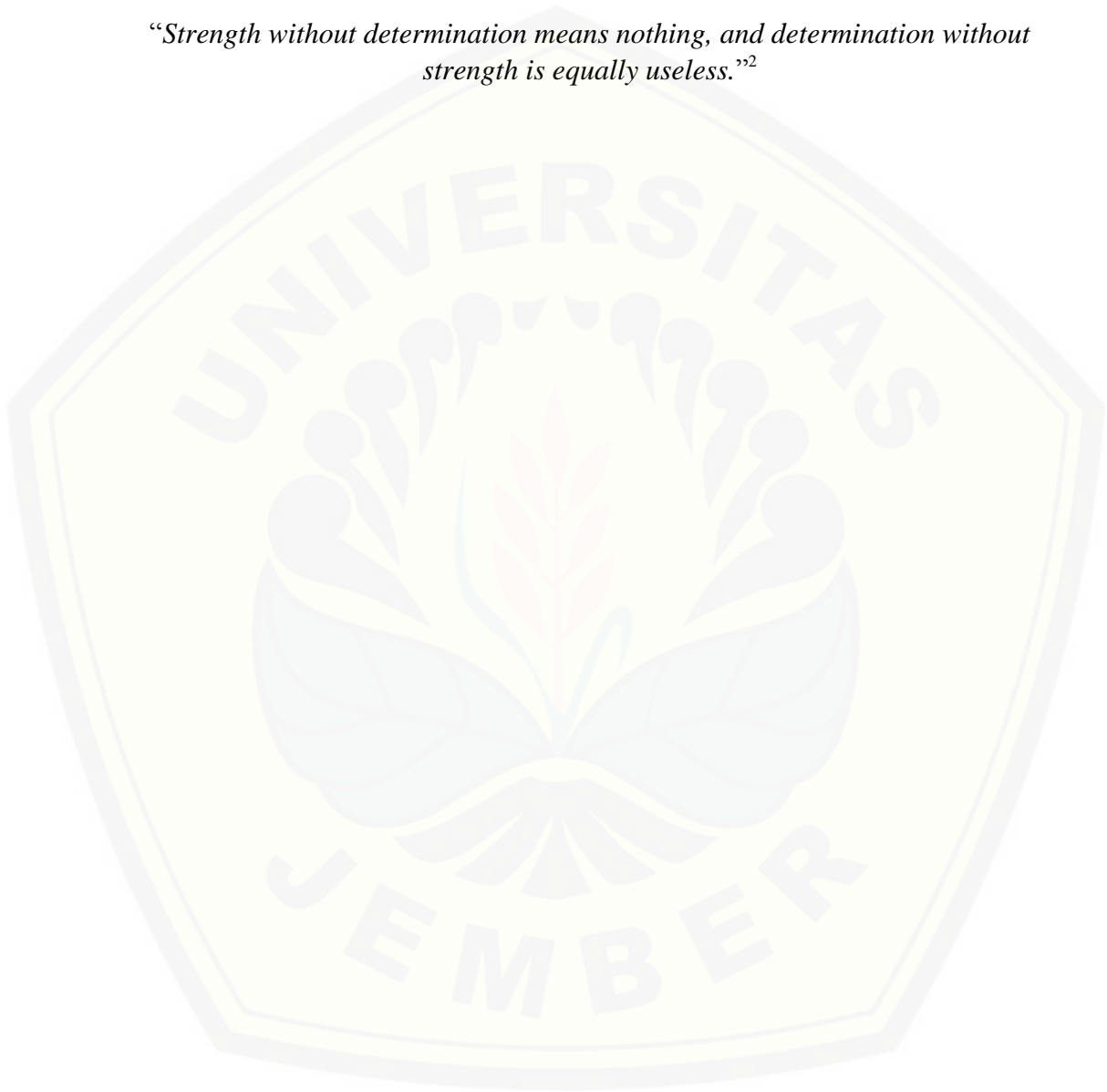
Puji syukur kehadiran Allah SWT dengan tulus ikhlas dan segala kerendahan hati, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Keluarga besar saya, atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, semangat, bantuan, motivasi dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis dengan tulus.
2. Almamater tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Seluruh tim penelitian yang turut membantu suksesnya dalam penyusunan skripsi ini.
4. Semua teman-teman Teknik Mesin 2012 yang sudah memberikan dorongan serta motivasi semasa kuliah dan skripsi.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang telah membantu dan memberikan motivasi serta semangat dalam penulisan serta penyusunan skripsi ini.

**MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya...”<sup>1</sup>

*“Strength without determination means nothing, and determination without strength is equally useless.”*<sup>2</sup>



---

<sup>1</sup> Terjemahan Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 286

<sup>2</sup> Godo Kisaragi (Final Fantasy VII)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kamal Surya Asitra

NIM : 121910101020

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi yang berjudul "*Analisis Pengaruh Temperatur Katalis Baja Karbon Rendah terhadap Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 Juni 2019

Yang menyatakan,

Kamal Surya Asitra

NIM 121910101020

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR KATALIS BAJA KARBON  
RENDAH TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN  
BERMOTOR**

Oleh:

**Kamal Surya Asitra  
NIM 121910101020**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M. Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. FX. Kristianta, M. Eng.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Temperatur Katalis Baja Karbon Rendah terhadap Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 12 Juni 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Digdo Listyadi Setyawan, M.Sc.  
NIP 19680617 199501 1 001

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.  
NIP 19650120 200112 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.  
NIP 19850117 201212 1 001

Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.  
NIP 19691201 199602 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Analisis Pengaruh Temperatur Katalis Baja Karbon Rendah terhadap Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor;** Kamal Surya Asitra, 121910101020; 2019: 50 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember.

*Catalytic converter* merupakan teknologi otomotif yang ramah lingkungan. Melalui reaksi kimia, gas buang kendaraan bermotor yang berbahaya dapat dikonversi menjadi gas yang lebih baik bagi lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan plat baja A36 berbentuk pipa berlubang sebagai logam katalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur katalis terhadap konsentrasi hidrokarbon dan karbon dioksida agar dapat bekerja secara efektif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa temperatur katalis yang dibutuhkan untuk mengurangi gas karbon monoksida yaitu 300 °C, sedangkan untuk hidrokarbon dibutuhkan temperatur 250 °C. Kedua emisi gas buang reaksinya mulai efektif pada temperatur 450 °C. Pada awal pemanasan kandungan CO dan HC masing-masing sebesar 0,23% dan 539 ppm, sedangkan setelah melewati temperatur efektif kandungan CO sebesar 0,14% dan HC sebesar 315 ppm.



## SUMMARY

**Analysis of Low Carbon Steel Catalyst Temperature Effect to Emission in Motor Vehicle Exhaust;** Kamal Surya Asitra, 121910101020; 2019: 50 pages; Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty Jember University.

Catalytic converter is an environmentally friendly automotive technology. Through chemical reactions, hazardous exhaust vehicles can be converted into gases that are better for the environment.

This research was conducted using A36 steel plate with a hollow pipe as a catalyst metal. This study aims to determine the effect of catalyst temperature on the concentration of hydrocarbons and carbon dioxide in order to work effectively.

The test results showed that the temperature of the catalyst needed to reduce carbon monoxide gas was 300 ° C, while for hydrocarbons it needed a temperature of 250 ° C. Both exhaust emissions, the reaction begins to be effective at a temperature of 450 ° C. At the beginning of the heating, the CO and HC concentrations were 0.23% and 539 ppm respectively, while after passing the effective temperature the CO content was 0.14% and HC was 315 ppm.

## PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah serta karunia-Nya terhadap penulis sehingga mampu menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Temperatur Katalis Baja Karbon Rendah terhadap Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Selama penelitian dan penulisan laporan Skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Hari Arbiantara S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Hary Sutjahjono S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama ini.
4. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing utama, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
5. Bapak Ir. FX. Kristianta, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
6. Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
7. Bapak Dedi Dwilaksana, S.T, M.T., selaku Dosen Penguji II, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
8. Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing lapangan selama penelitian.

9. Ayah, Ibu, Adik, dan juga keluarga besarku yang telah memberikan dukungan moril, materil, do'a dan semangat demi terselesainya kuliahku khususnya dan selama menuntut ilmu di bangku sekolah pada umumnya.
10. Dosen, staf, dan teknisi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
11. Teman – teman beserta seluruh pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan skripsi ini.

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

Jember, 12 Juni 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1 Polusi Udara</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Motor Bensin</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Siklus Aktual Motor Bakar .....	<b>6</b>
2.2.2 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah .....	<b>7</b>

2.2.3 Proses Pembakaran pada Motor Bensin .....	9
<b>2.3 Catalytic Converter .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Klasifikasi .....	12
2.3.2 Temperatur Kerja <i>Catalytic Converter</i> .....	14
2.3.3 Material Katalis .....	14
<b>2.4 Penelitian Terdahulu .....</b>	<b>16</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
<b>3.1 Metode Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Alat .....	18
3.3.2 Bahan .....	19
<b>3.4 Variabel Penelitian .....</b>	<b>19</b>
3.4.1 Variabel Bebas .....	19
3.4.2 Variabel Terikat .....	19
<b>3.5 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>19</b>
<b>3.6 Desain <i>Catalytic Converter</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>3.7 Skema Alat Pengujian .....</b>	<b>21</b>
<b>3.8 Diagram Alir .....</b>	<b>22</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
<b>4.1 Analisis Temperatur Katalis terhadap Kadar Karbon Monoksida .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Analisis Temperatur Katalis terhadap Kadar Hidrokarbon .....</b>	<b>28</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>33</b>

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



**DAFTAR GAMBAR**

2.1 Siklus Motor Bakar 4 Langkah .....	7
2.2 Konstruksi <i>catalytic converter</i> dengan katalis berbentuk butiran (atas) dan monolit (bawah) .....	12
2.3 Kurva Efisiensi Konversi Katalis Terhadap Suhu .....	13
3.1 Desain <i>catalytic converter</i> .....	19
3.2 Skema pemasangan alat-alat uji .....	20
4.1 Hasil Pengujian Kadar Karbon Monoksida di titik 1 .....	22
4.2 Hasil Pengujian Kadar Karbon Monoksida di titik 2.....	23
4.3 Hasil Pengujian Kadar Karbon Monoksida di titik 3 .....	24
4.4 Grafik perbandingan temperatur katalis terhadap emisi gas CO .....	25
4.5 Hasil Pengujian Kadar Hidrokarbon di titik 1.....	27
4.6 Hasil Pengujian Kadar Hidrokarbon di titik 2.....	28
4.7 Hasil Pengujian Kadar Hidrokarbon di titik 3.....	29
4.8 Grafik perbandingan temperatur katalis terhadap emisi HC .....	30

**DAFTAR TABEL**

2.1 Komposisi Udara Bersih (dalam satuan ppm) .....	3
2.2 Komposisi gas buang motor bensin pada berbagai model pengendaraan .....	4
2.3 Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor .....	4
4.1 Data Pengujian Kadar Karbon Monoksida di titik 1 .....	22
4.2 Data Pengujian Kadar Karbon Monoksida di titik 2.....	23
4.3 Data Pengujian Kadar Karbon Monoksida di titik 3.....	24
4.4 Data Pengujian Kadar Hidrokarbon di titik 1 .....	27
4.5 Data Pengujian Kadar Hidrokarbon di titik 2 .....	28
4.6 Data Pengujian Kadar Hidrokarbon di titik 3 .....	29



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, pemanasan global sudah menjadi hal yang biasa kita rasakan. Salah satu penyebabnya yaitu pencemaran udara yang disebabkan oleh hasil reaksi pembakaran yang tidak sempurna. Pencemaran udara kebanyakan berasal dari industri dan kendaraan bermotor.

Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu. Menurut data Korlantas Polri tahun 2017, jumlah kendaraan di seluruh Indonesia mencapai 138,56 juta unit, meningkat 7% dari tahun sebelumnya yang berjumlah 129,28 juta unit (bps.go.id, 2019).

Polusi udara terjadi ketika terdapat polutan dalam jumlah dan waktu tertentu di udara yang dapat membahayakan ekosistem. 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 (NO<sub>x</sub>), sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) 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 (Wardhana W.A., 1995).

Salah satu alternatif dalam mengurangi pencemaran udara pada kendaraan bermotor yaitu dengan memasang *catalytic converter* pada sistem saluran buang. *Catalyst* (katalis) adalah suatu zat yang dapat meningkatkan kecepatan reaksi kimia tanpa adanya perubahan kimia yang permanen pada zat itu sendiri (Amin Iskandar, 2010).

Sayangnya, bahan-bahan katalis yang digunakan pada *catalytic converter* adalah logam-logam mulia yang sulit ditemukan dan relatif mahal, seperti rhodium, platinum, dan palladium. Untuk itu, perlu dicari bahan-bahan

alternatif yang murah dan mudah didapat agar terjangkau oleh semua kalangan masyarakat.

Penelitian terdahulu menjelaskan bahwa tembaga dapat digunakan sebagai katalis untuk mereduksi emisi gas buang untuk berbagai variasi jumlah sel katalis dan temperatur gas buang. Oleh sebab itu pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan katalis dengan logam selain tembaga.

Berdasarkan kenyataan diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemasangan katalis berbahan baja karbon rendah pada kendaraan bermotor, kemudian dianalisis temperaturnya untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kadar HC dan CO sehingga penelitian ini mengambil judul “Analisis Pengaruh Temperatur Katalis Baja Karbon Rendah terhadap Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh temperatur katalis terhadap konsentrasi hidrokarbon dan karbon monoksida pada emisi gas buang kendaraan bermotor?
2. Bagaimana temperatur katalis dalam catalytic converter agar dapat bekerja secara efektif?

### **1.3 Batasan Masalah**

1. Gas buang diambil dari motor bensin 4 langkah.
2. Penggunaan katalis berupa baja karbon rendah tipe ASTM A36.
3. Konsentrasi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO) adalah komponen emisi gas buang yang akan menjadi tolak ukur dalam penelitian ini.
4. Pengujian menggunakan bahan bakar bensin premium.
5. *Catalytic converter* yang diuji menggunakan sistem pipa berlubang.
6. Pengukuran temperatur menggunakan termometer digital dan termokopel tipe K.

#### 1.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh temperatur katalis terhadap konsentrasi hidrokarbon dan karbon monoksida pada emisi gas buang kendaraan bermotor.
2. Mengetahui temperatur katalis dalam catalytic converter agar dapat bekerja secara efektif.

#### 1.5 Manfaat

1. Dapat memanfaatkan bahan-bahan alternatif katalis yang murah dan mudah didapat.
2. Dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi kadar HC dan gas CO dalam sistem saluran buang kendaraan bermotor

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Polusi Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang berada pada lapisan yang mengelilingi bumi (atmosfer). Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah uap air ( $H_2O$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu.

Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan. Beberapa gas seperti sulfur dioksida ( $SO_2$ ), hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) dan karbon monoksida ( $CO$ ) selalu dibebaskan udara sebagai produk sampingan dari proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan dan sebagainya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia, salah satunya yaitu asap kendaraan bermotor (Fardiaz, S. 1992).

Tabel 2.1 Komposisi Udara Bersih (dalam satuan ppm)

Komponen	Rumus Kimia	Volume (%)	Jumlah (ppm)
Nitrogen	$N_2$	78,08	780.800
Oksigen	$O_2$	20,95	209.500
Argon	Ar	0,934	9.340
Karbon dioksida	$CO_2$	0,031	314
Neon	Ne	0,001	18

(Sumber: Arifin & Sukoco, 2009)

Dalam hal pembakaran di dalam motor bakar bensin agar menghasilkan emisi gas buang yang memenuhi standar, maka perlu ditunjang oleh kondisi motor yang baik yang berkaitan dengan tekanan kompresi, kondisi kabel busi dan busi, kondisi saat pengapian, kondisi filter udara, kondisi penyetelan karburator atau sistem injeksi.

Komposisi gas buang motor bensin pada berbagai kondisi ditunjukkan pada tabel berikut.

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 <sup>3</sup> /min)	0.185-0.95	1.5-7.5	0.95-2.25	0.185-0.95
Exhaust gas temperature at entrance to silencer (°C)	150-300	450-700	400-600	200-400

(Sumber: Heisler, 1995)

Sehingga jika semua kondisi tersebut diatas sudah terpenuhi, maka dalam proses pembakaran motor akan menghasilkan emisi gas buang yang rendah polusi. Kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan harus memenuhi standar baku kualitas emisi yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.

Tabel 2.3 Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	4.5	12000	Idle
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	5.5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	> 2010	4.5	2000	Idle

(Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006)

## 2.2 Motor Bensin

Motor bakar bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Motor bensin sering pula di sebut *spark ignition engine*.

Maksudnya bahwa mesin ini memerlukan percikan bunga api untuk mengawali pembakaran dalam silinder. Karena itulah mesin ini memerlukan busi (*spark plug*). Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen meliputi blok silinder, kepala silinder, poros engkol, piston, batang piston, roda penerus, poros cam dan katup mekanik.

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, mempunyai dudukan bantalan 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. Roda penerus dapat menyimpan tenaga, membawa piston dalam siklus kerja motor, menyeimbangkan putaran dan mengurangi getaran mekanik mesin.

### 2.2.1 Siklus Aktual Motor Bakar

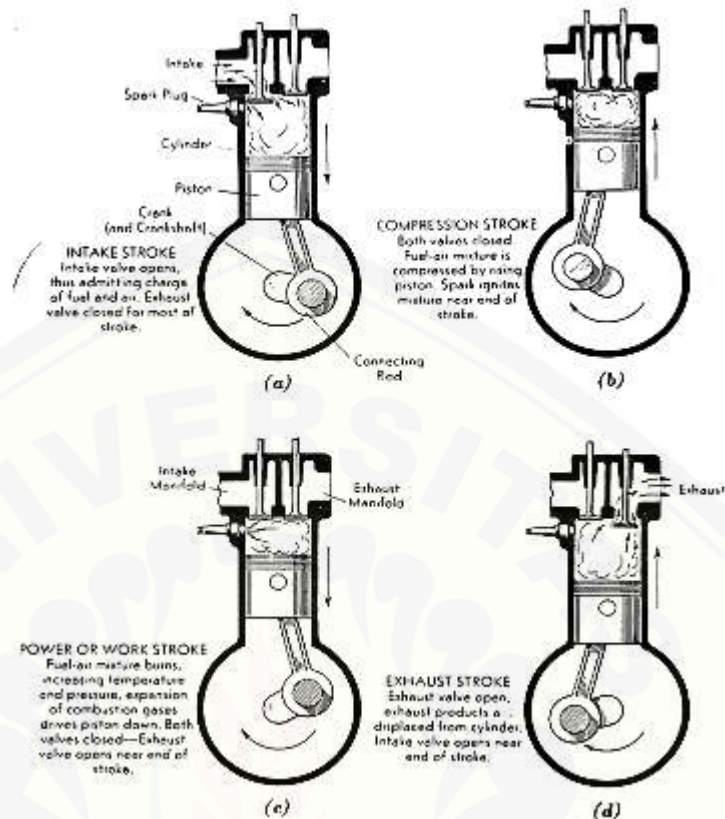
Siklus udara volume konstan atau siklus otto adalah proses yang ideal. Dalam kenyataannya baik siklus volume konstan, siklus tekanan konstan dan siklus gabungan tidak mungkin dilaksanakan, karena adanya beberapa hal sebagai berikut.

1. Fluida kerja bukanlah udara yang bisa dianggap sebagai gas ideal, karena fluida kerja yang digunakan adalah campuran bahan bakar dan udara, sehingga sifatnya pun berbeda dengan sifat gas ideal.

2. Kebocoran fluida kerja pada katup, baik katup masuk maupun katup buang, juga kebocoran pada piston dan dinding silinder, yang menyebabkan tidak optimalnya proses pembakaran.
3. Baik katup masuk maupun katup buang tidak dibuka dan ditutup tepat pada saat piston berada pada posisi TMA dan atau TMB, karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja. Kerugian ini dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan dengan besarnya beban dan kecepatan piston.
4. Pada motor bakar torak yang sebenarnya, pada saat piston di TMA tidak terdapat proses pemasukan kalor disebabkan oleh proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar dalam silinder.
5. Proses pembakaran memerlukan waktu untuk perambatan nyala apinya, akibatnya proses pembakaran berlangsung pada kondisi volume ruang yang berubah-ubah sesuai gerakan piston. Dengan demikian proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sesudah TMA menuju TMB. Jadi proses pembakaran tidak berlangsung pada volume atau tekanan yang konstan.
6. Terdapat kerugian energi akibat adanya gesekan antara fluida kerja dengan dinding silinder dan mesin.
7. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya.

### 2.2.2 Prinsip Motor Bensin 4 Langkah

Motor bakar torak 4 langkah adalah jenis motor bakar yang menyelesaikan satu siklusnya dengan 4 gerakan translasi piston (4 kali 180° gerakan poros engkol) atau dengan kata lain akan menghasilkan tenaga memerlukan dua kali putaran poros engkol (2 kali 360°)



Gambar 2.1 Siklus Motor Bakar 4 Langkah

(Sumber: Obert, 1973)

Adapun siklus kerja motor bensin empat langkah seperti pada Gambar 2.1 adalah sebagai berikut. (Heywood, John B., 1989)

### 1. Langkah Hisap

Saat langkah hisap, piston bergerak dari TMA ke TMB. Katup masuk (hisap) terbuka dan katup buang tertutup, sehingga campuran bahan bakar dan udara dari karburator akan masuk ke dalam silinder.

### 2. Langkah Kompresi

Langkah ini adalah gerak piston dari TMB ke TMA. Saat pergerakan ini baik katup masuk maupun katup buang pada kondisi tertutup. Akibat kompresi ini terjadi kenaikan tekanan dan temperatur silinder. Pada sekitar 7<sup>o</sup>-10<sup>o</sup> sebelum TMA maka campuran bahan bakar dan udara



yang telah dimampatkan ini diberi percikan api dari busi, sehingga terjadilah pembakaran. Proses pembakaran ini berlangsung sampai 7'-10' setelah TMA. Sehingga proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara ini berlangsung kurang lebih selama 20' putaran pertama.

### 3. Langkah Ekspansi

Setelah TMA gas pembakaran hasil kompresi memerlukan ruang untuk berekspansi karena tekanan dan temperaturnya yang tinggi sehingga akan mendorong piston untuk bergerak menuju TMB, walaupun proses pembakarannya sendiri belum selesai sampai kira-kira 7'-10' setelah TMA. Pada langkah ini baik katup hisap maupun katup buang berada pada posisi tertutup. Langkah ekspansi ini juga disebut langkah kerja karena pada langkah ini dihasilkan tenaga yang akan menggerakkan poros engkol.

### 4. Langkah Buang

Pada akhir langkah ekspansi di TMB selanjutnya piston akan bergerak menuju TMA. Pada langkah ini katup buang membuka dan katup masuk menutup sehingga gerakan ini akan mendorong gas sisa pembakaran untuk keluar dari silinder menuju ke saluran gas buang (*knalpot/exhaust nozzle*). Setelah sampai TMA maka siklus akan dimulai lagi dari langkah hisap dan seterusnya.

#### 2.2.3 Proses Pembakaran pada Motor Bensin

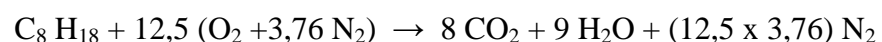
Pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia yang relatif cepat antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen yang menghasilkan pembebasan energi dalam bentuk panas. Pada motor bensin terjadi konversi energi dari energi panas ke energi mekanik berupa gerak *reciprocating* piston pada silinder ruang bakar. Energi panas diperoleh dari pembakaran sejumlah bahan bakar yang telah bercampur dengan udara yang diawali oleh percikan bunga api dari busi. Pada proses tersebut terjadi reaksi kimia yang cepat antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen yang terkandung dalam udara.

Kondisi yang harus tercapai agar terjadi proses pembakaran di motor bensin adalah :

1. Adanya campuran bahan bakar dan udara yang masuk dalam silinder
2. Campuran dikompresikan
3. Bahan bakar dinyalakan dengan bunga api listrik dari 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<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), menciptakan efek panas dan tekanan yang diinginkan dalam silinder. Tetapi dalam kondisi operasi mesin tertentu, nitrogen juga bereaksi dengan oksigen membentuk nitrogen oksides (NO<sub>x</sub>) sebagai salah satu polutan. Total energi yang dilepaskan oleh proses pembakaran, sekitar 25% digunakan untuk menggerakkan motor, sisanya 75% hilang karena gesekan antar benda padat (*friction*), gesekan dengan fluida (*aerodynamic drag*), atau hilang karena perpindahan panas ke sistem pendingin. Bahan bakar, oksigen, dan panas adalah tiga komponen yang menyebabkan terjadinya pembakaran. Bahan bakar standar motor bensin adalah isooktan (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), persamaan reaksi pembakarannya dengan udara adalah



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

- a. waktu pembakaran yang singkat;
- b. *overlapping* katup;
- c. udara yang masuk tidak murni oksigen;
- d. bahan bakar yang masuk tidak murni oktan (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>);
- e. kompresi tidak terjamin rapat sempurna.

### 2.3 Catalytic Converter

Katalis adalah zat yang mempercepat laju kesetimbangan reaksi kimia. Secara umum, peningkatan konsentrasi katalis juga meningkatkan kecepatan reaksi. Katalis juga menurunkan energi aktivasi yang menyebabkan laju reaksi meningkat.

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).

Dalam kimia, katalis adalah zat yang menyebabkan atau mempercepat reaksi kimia tanpa terpengaruh. Katalis berpartisipasi dalam reaksi, tetapi bukan reaktan atau produk reaksi. Menurut Bahl *et al.* (1997), karakteristik dan sifat-sifat katalis 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.

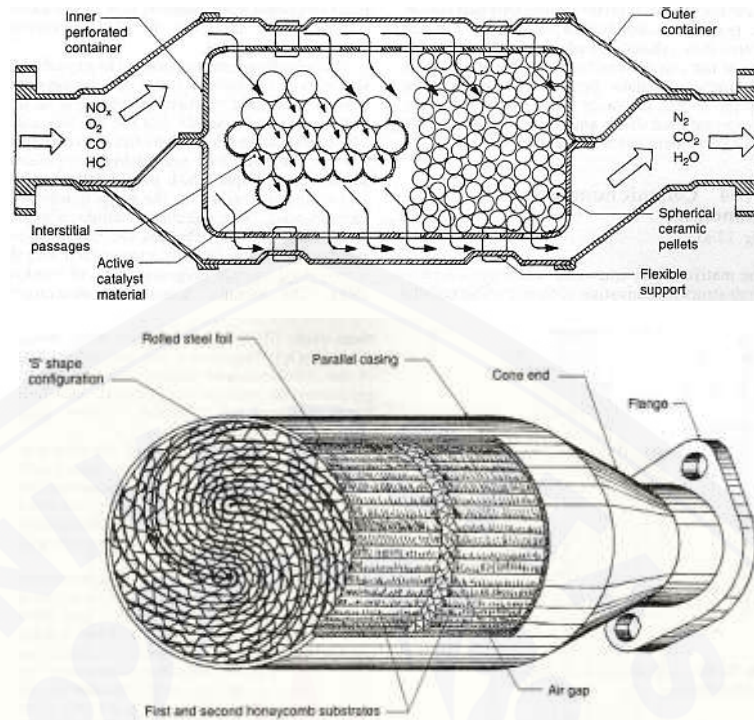
*Catalytic converter* merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin. *Catalytic converter* akan mempercepat proses oksidasi polutan hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), dan reduksi nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>).

Tujuan dari perlakuan terhadap gas buang dengan menggunakan *catalytic converter* adalah untuk merubah gas polutan karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dari aliran gas buang dengan mengkonversinya melalui reaksi kimia (oksidasi dan reduksi) menjadi carbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O), dan nitrogen (N<sub>2</sub>) (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.  $\text{NO}_x$  (nitrogen oksida)  $\rightarrow \text{N}_2$  (nitrogen) + O<sub>2</sub> (Oksigen)

#### 2.3.1 Klasifikasi

- a. Berdasarkan substratnya, *catalytic converter* dibagi menjadi dua, yaitu butiran dan monolitik. Keduanya memiliki fungsi yang sama, perbedaannya hanya pada desainnya. Desain monolitik menggunakan saluran berstruktur sarang lebah dengan bahan keramik atau logam, sedangkan desain butiran menggunakan butiran-butiran aluminium oksida.



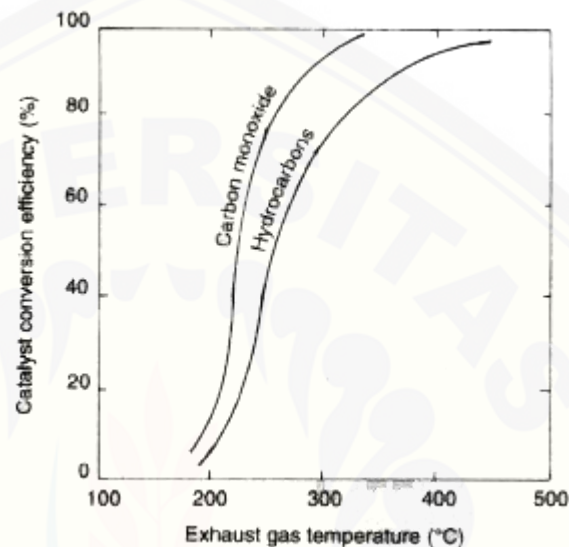
Gambar 2.2 Konstruksi *catalytic converter* dengan katalis berbentuk butiran (atas) dan monolit (bawah)

(Sumber: Heisler, 1995)

- b. Berdasarkan prinsip kerja dibagi menjadi dua, yaitu *two-way* dan *three-way*.
  1. *Two-way catalytic converter* atau *catalytic converter* oksidasi memiliki dua tugas:
    - 1.3 Mengoksidasi karbon monoksida menjadi karbon dioksida
    - 1.4 Mengoksidasi hidrokarbon (bahan bakar tak terbakar dan terbakar sebagian) menjadi karbon dioksida dan uap air
  2. *Three-way catalytic converter* atau *catalytic converter* oksidasi-reduksi memiliki tiga tugas:
    - 2.3 Mereduksi nitrogen oksida menjadi nitrogen dan oksigen
    - 2.4 Mengoksidasi karbon monoksida menjadi karbon dioksida
    - 2.5 Mengoksidasi hidrokarbon menjadi karbon dioksida dan uap air

### 2.3.2 Temperatur Kerja *Catalytic Converter*

Sebuah *catalytic converter* membutuhkan suhu 260 derajat celsius untuk memulai reaksi, mengubah gas berbahaya seperti CO & HC menjadi gas yang ada di alam seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O sebelum memasuki knalpot (Hollemeak, B. 2005).



Gambar 2.3 Kurva Efisiensi Konversi Katalis Terhadap Suhu  
(Sumber: Heisler, 1995)

### 2.3.3 Material Katalis

Beberapa bahan dikenal sebagai katalis oksidasi, yaitu: platinum, plutonium, palladium (logam mulia); tembaga, vanadium, besi, kobalt, nikel, mangan, kromium, dan oksidanya. Selain itu, beberapa logam dikenal sebagai katalis reduksi, yaitu: besi, nikel, tembaga, beserta paduan dan oksidanya; dan lain-lain (Obert, 1973).

#### a. Platina

Platina adalah logam yang paling kurang reaktif. Daya tahannya terhadap korosi, bahkan pada suhu tinggi, membuatnya dinobatkan sebagai logam mulia. Akibatnya, platina sering ditemukan sebagai unsur platina alami. Oleh karena ia terdapat secara alami dalam pasir aluvium di berbagai sungai.

Platina digunakan dalam *catalytic converter*, peralatan laboratorium, kontak listrik dan elektroda, termometer resistensi platina, peralatan kedokteran gigi, dan perhiasan. Karena platina termasuk logam berat, jika terpapar garamnya dapat menimbulkan masalah kesehatan, namun karena ketahanannya terhadap korosi, platina tidak beracun seperti beberapa logam lainnya.

b. Tembaga

Tembaga adalah logam yang mempunyai daya hantar listrik dan daya hantar panas yang tinggi serta mempunyai daya tahan korosi yang baik terhadap air laut, beberapa zat kimia dan bahan makanan. Sifat-sifat ini menyebabkan tembaga banyak digunakan untuk alat-alat listrik, atap, pipa air, tangki zat kimia, mesin-mesin pemasak makanan, komponen kapal dan lain-lain. Paduan tembaga mempunyai daya hantar listrik dan daya hantar panas yang lebih rendah dari pada tembaga murni, tetapi kekuatannya lebih baik. Karena hal ini maka paduan tembaga banyak digunakan untuk bahan konstruksi.

c. Baja Karbon

Baja karbon adalah baja dengan paduan besi dan karbon dengan sedikit unsur lainnya (Si, Mn, S, P, Cu). Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, karena itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung 0,3% sampai 0,45% karbon dan baja karbon tinggi berisi karbon antara 0,45% sampai 1,7%. Bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya bertambah tinggi tetapi keuletannya menurun.

#### 2.3.4 Baja ASTM A36

ASTM A36 adalah baja canai panas dan ringan yang kuat, fleksibel, dan mudah dikerjakan, menjadikannya salah satu jenis baja paling populer dalam penggunaan umum.

Standar ASTM A36 mencakup baja karbon rendah yang biasa digunakan dalam konstruksi dan industri berat lainnya. *American Society for Testing and Materials* (ASTM) menamai A36 berdasarkan komposisi kimianya dan sifat mekaniknya, terutama kekuatan luluh yang harus mencapai minimum 250 MPa atau 36000 psi.

Karena kekuatan yang relatif baik, sifat mampu bentuk dari baja A36, dan fakta bahwa ia dapat dengan mudah dilas, baja ini umumnya digunakan sebagai baja struktural. Ini dapat ditemukan di bangunan, jembatan dan struktur skala besar lainnya.

Baja A36 tersedia dalam berbagai bentuk, termasuk lembaran, batang persegi panjang, batang bundar, balok dan penampang miring. Bentuk-bentuk tersebut sangat ideal untuk berbagai macam teknik pembentukan. A36 sering digalvanis untuk mencegah korosi. Industri lain yang sering menggunakan baja A36 termasuk otomotif, dirgantara, minyak dan gas dan produsen alat berat.

#### 2.4 Penelitian Terdahulu

Dari eksperimen yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dengan parameter yang sama ataupun berbeda, hasil yang didapat antara lain:

1. R. K. Tyagi (2013): Hasil eksperimen menunjukkan bahwa di bawah 550 °F katalis tetap tidak aktif dan dari 550 °F (288 °C) hingga 750 °F (399 °C), efisiensi *catalytic converter* meningkat tajam. Efisiensi *catalytic converter* menjadi konstan setelah 750 °F (399 °C). Dalam kasus pemanasan awal, keefektifan dan laju reaksi dari hampan katalitik meningkat dan karenanya jumlah emisi CO, HC, dan NOx yang ditemukan menjadi minimum jika dibandingkan dengan tanpa



*catalytic converter*, *two-way catalytic converter* dan *three-way catalytic converter* (TWC). Secara eksperimental, ditemukan bahwa efektivitas TWC yang sebenarnya sangat kurang pada tahap awal. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa TWC terdiri dari katalis untuk mengurangi emisi tetapi katalis mulai berfungsi hanya ketika memperoleh suhu yang mendekati 750 °F (399 °C).

2. J. Gao (2018): Pengurangan emisi di dalam pipa knalpot disebabkan oleh peningkatan kinerja katalis pasca-oksidasi. Pada 420 detik pertama, perbaikan pembakaran mendominasi pengurangan emisi. Perbedaan konsentrasi HC sebelum dan sesudah diberi katalis melebar setelah katalis mencapai 200 °C. Keuntungan suhu gas buang dicapai melalui pemanasan awal pendingin terbatas, yaitu, pemanasan awal memiliki efek yang lemah pada kinerja katalis, sementara itu meningkatkan nilai ekonomis bahan bakar dengan memperbaiki pembakaran. Menurut pendapat penulis survei ini, pemanasan awal pendingin harus dikombinasikan dengan pemanasan katalis untuk meningkatkan suhu mesin dan katalis secara bersamaan.
3. Warju (2018): Penurunan signifikan emisi CO dan HC yang dihasilkan oleh mesin tidak hanya disebabkan oleh permukaan efektif yang lebih luas dari katalis tetapi juga dipengaruhi oleh temperatur gas buang. Suhu yang lebih rendah mencapai 153 °C - 472 °C akan mempengaruhi penurunan energi aktivasi yang nantinya proses oksidasi akan dicapai dengan cepat. Akibatnya, pengurangan konsentrasi CO dan HC terjadi secara signifikan di setiap putaran mesin dibandingkan dengan apa yang terjadi pada knalpot standar.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Metode ini digunakan untuk membandingkan temperatur dengan kemampuan *catalytic converter* berkatalis baja karbon rendah untuk mereduksi kadar gas buang HC dan CO. Dalam penelitian ini, bahan bakar yang digunakan adalah bensin premium.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2016 sampai selesai. Lokasi penelitian yaitu UPTD Pengujian Kendaraan Bermotor Kabupaten Jember, yang beralamatkan Jl. Gajah Mada no. 210, Kaliwates, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68131

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat

- a. Termometer digital tipe K
- b. 3 buah termokopel tipe K
- c. Gas analyzer
- d. Sepeda motor Honda Absolute Revo tahun 2010, 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 cm<sup>3</sup>
  - 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)

e. Knalpot dengan *catalytic converter* yang sudah terpasang.

### 3.3.2 Bahan

- a. Katalis baja karbon rendah ASTM A36 panjang 6 cm dengan diameter 10 mm.
- b. Bahan bakar bensin

## 3.4 Variabel Penelitian

### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah putaran mesin yaitu pada 6000 rpm dan gigi transmisi 4.

### 3.4.2 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 kadar gas buang HC dan CO serta temperatur katalis.

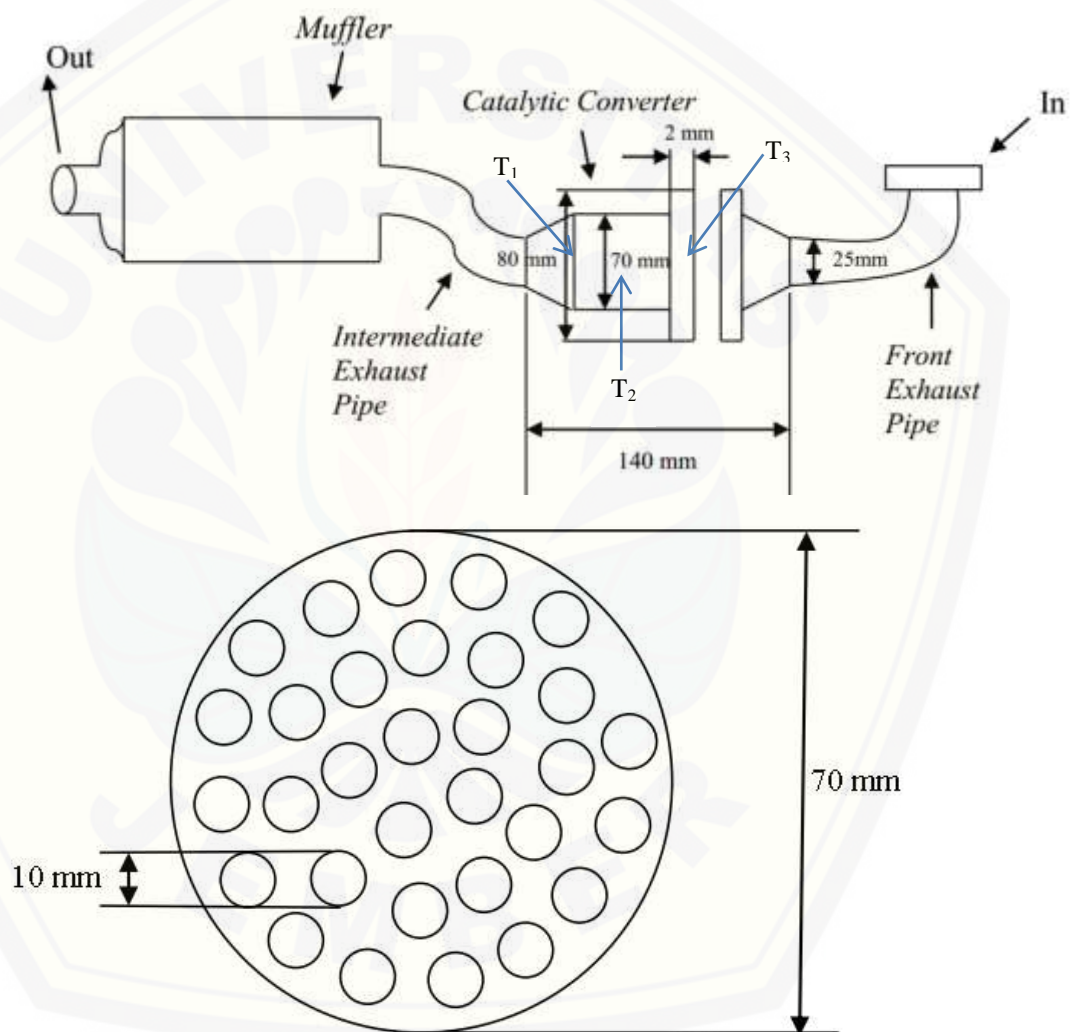
## 3.5 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah prosedur penelitian yang dilakukan.

1. Memasang termokopel pada *catalytic converter*. Termokopel diikatkan pada salah satu katalis yang berada ditengah menggunakan kawat. 3 kawat dipasang di bagian depan, tengah, dan belakang.
2. Memasang knalpot dengan *catalytic converter* pada sepeda motor
3. Menghidupkan mesin dan melakukan *throttle* pada mesin pada putaran 6000 rpm.
4. Mengamati temperatur yang tertera pada termometer dengan *range* suhu 100 °C hingga 500 °C dengan temperatur pengamatan tiap 50 °C.

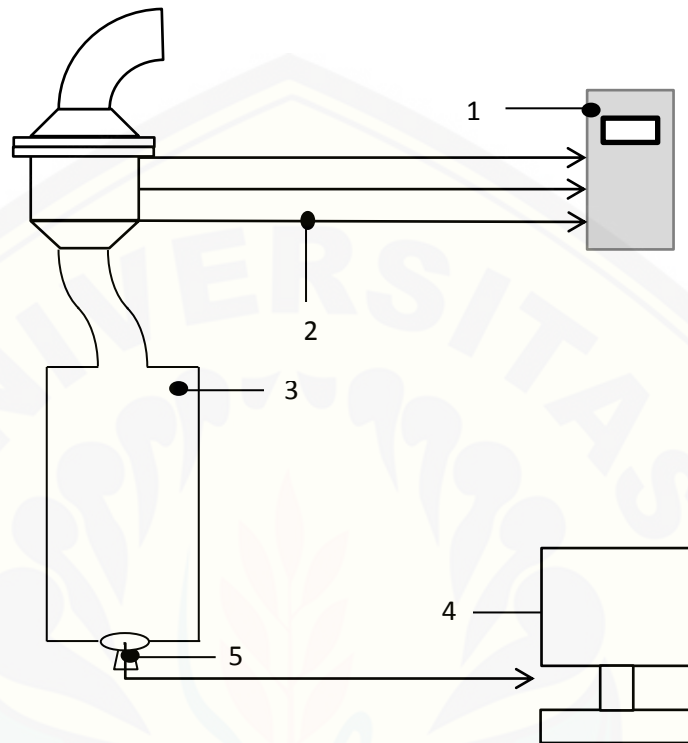
5. Pada setiap kenaikan temperatur  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  dilakukan pengambilan data, yaitu pencatatan ketiga titik termokopel dan pengamatan emisi gas buang yang ditunjukkan oleh alat-alat ukur yang digunakan.
6. Percobaan ini dilakukan 3 kali pengulangan.

### 3.6 Desain *catalytic converter*



Gambar 3.1 Desain *catalytic converter*

### 3.7 Skema Alat Pengujian

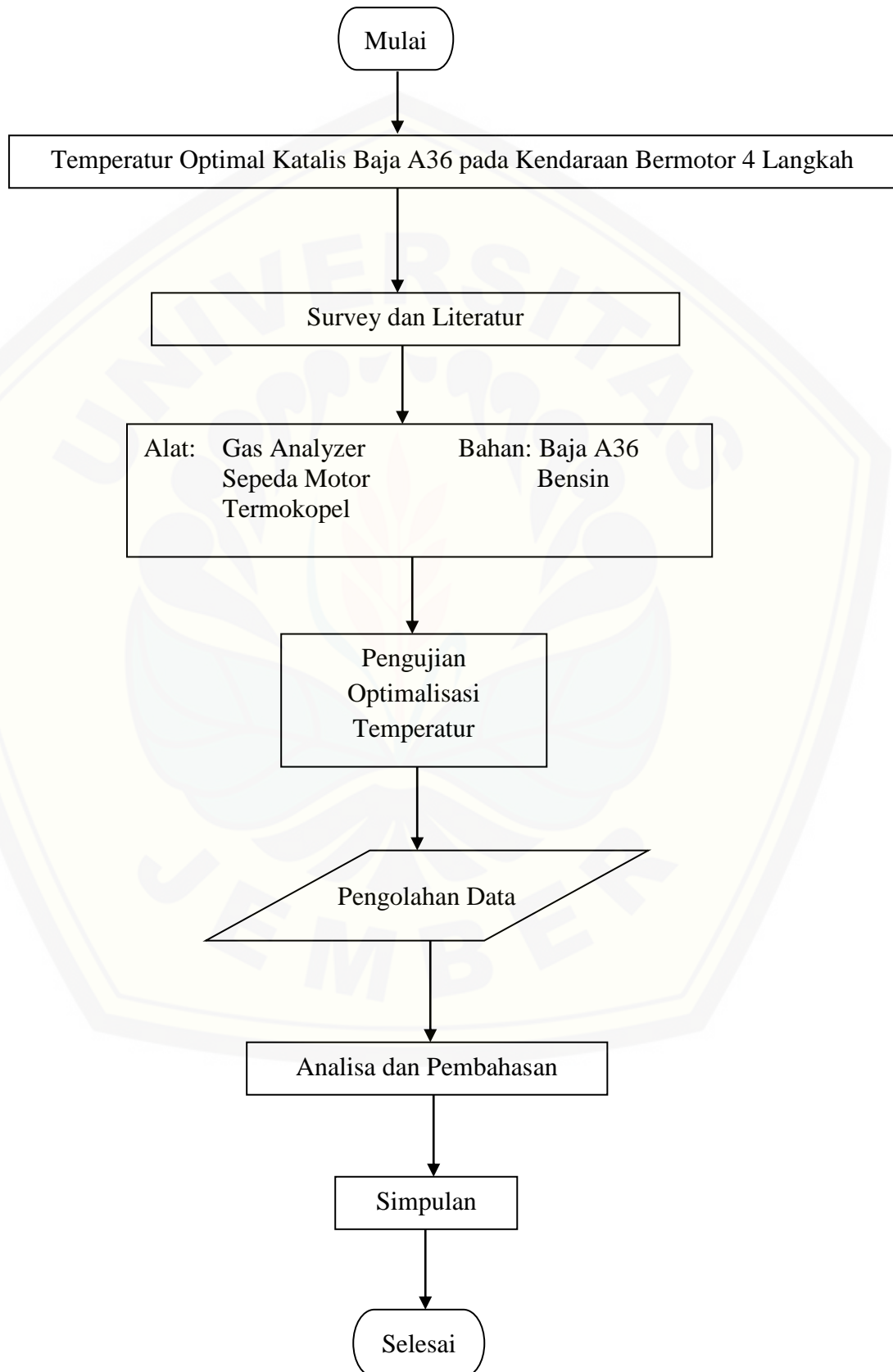


Gambar 3.2 Skema pemasangan alat-alat uji

Keterangan:

1. Termometer digital
2. Termokopel tipe K
3. Knalpot dengan *Catalytic Converter* yang terpasang
4. Monitor
5. Sensor gas CO<sub>2</sub> dan HC

### 3.8 Diagram Alir



## BAB.5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis pengaruh temperatur katalis baja karbon rendah terhadap emisi gas buang pada kendaraan bermotor dapat disimpulkan bahwa:

1. Temperatur katalis berpengaruh terhadap konsentrasi hidrokarbon dan karbon monoksida pada emisi gas buang kendaraan bermotor. Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya kadar hidrokarbon dan karbon monoksida berbanding lurus dengan meningkatnya temperatur. Pada awal pemanasan kandungan CO dan HC masing-masing sebesar 0,23% dan 539 ppm, sedangkan setelah melewati temperatur efektif kandungan CO sebesar 0,14% dan HC sebesar 315 ppm.
2. Untuk mengurangi gas karbon monoksida, dibutuhkan temperatur 300 °C sedangkan untuk hidrokarbon dibutuhkan temperatur 250 °C. Kedua emisi gas buang reaksinya mulai efektif pada temperatur 450 °C.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diajukan agar penelitian berikutnya dapat lebih baik dan dapat menyempurnakan 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 temperatur katalis pada *catalytic converter* berbahan plat baja karbon A36 terhadap konsentrasi emisi NOx.

4. Perlu dilakukan penelitian mengenai desain pemanas katalis pada *catalytic converter* sehingga dapat memanaskan katalis pada suhu rendah dan mati secara otomatis pada suhu optimal.





**DAFTAR PUSTAKA**

- Amin, C. M. *et al.* 2012. *Copper Based Catalytic Converter*. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1 (3): 1-6.
- Anonim. *What is ASTM A36?*. <https://matmatch.com/learn/standard/astm-a36-standard> [4 April 2019]
- Anonim. 2015. *Catalytic Converters*. <https://www.catalyticconverters.com> [5 September 2016]
- Anonim. 2017. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2017. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> [1 Juli 2019]
- Arifin, Z., Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Bahl, B. S. *et al.* 1997. *Essentials of Physical Chemistry*. New Delhi: S. Scand & Company Ltd.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *POLUSI AIR & UDARA*. Yogyakarta: Penerbit KANISIUS.
- Gao, J. *et al.* 2018. *Review of thermal management of catalytic converters to decrease engine emissions during cold start and warm up*. *Applied Thermal Engineering*. 147. 177-187.
- Hollebeak, Barry. 2005. *Today's Technician: Automotive Fuels and Emissions Classroom Manual*. New York: Thomson Delmar Learning.
- Heisler, H. & Arnold, E. 1995. *Advanced Engine Technology*. London: Hodder Headline PLC.
- Heywood, John B. 1989. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Berkshire: McGraw-Hill Education Ltd.
- Hidayat, Wahyu. 2012. *Motor Bensin Modern*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Irawan, RM. Bagus. 2003. *Unjuk Kerja Catalytic Converter Tembaga (Cu) pada Saluran Gas Buang Kendaraan Bermotor untuk Mereduksi Gas Karbon Monoksida*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Iskandar, Amin. 2010. *Pengaruh Penggunaan Kuningan Sebagai Katalis pada Saluran Buang Yamaha Jupiter Z Tahun 2004 Terhadap Konsentrasi Gas HC*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Jenbacher Energie Systeme, (1996) *Spark Ignition Engine Design*. Vol. 3. Jenbacher Energie, Osterreich.
- Makwana, N. R. *et al.* 2013. *Development and Performance Analysis of Nickel Based Catalytic Converter*. *International Journal of Advanced Engineering Technology (IJAET)*. 4 (2): 10-13.
- Obert, E. F. 1973. *Internal Combustion Engines and Air Pollution*. New York: Harper & Row Publishers Inc.
- Pradipta, I. D. 2016. Catalytic Converter Jenis Plat Baja A36 Berbentuk Pipa Berlubang untuk Mengurangi Kadar Emisi Kendaraan Bermotor. Jember: Universitas Jember.
- Sumarwoto, O. 1992. Indonesia dalam kancah isu lingkungan global. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sanata, Andi. 2012. Analisis Variasi Temperatur Logam Katalis Tembaga (Cu) pada Catalytic Converter untuk Mereduksi Emisi Gas Karbonmonoksida (CO) Dan Hidrokarbon (HC) Kendaraan Bermotor. *Jurnal ROTOR*, 5 (1).
- Tyagi, R. K. Ranjan, R. 2013. *Effect of heating the catalytic converter on emission characteristic of gasoline automotive vehicles*. *International Journal of Ambient Energy*. Taylor & Francis Group.
- Wardhana, W. A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi Offset . Jogjakarta
- Warju. *et al.* 2018. *The Performance of Chrome-Coated Copper as Metallic Catalytic Converter to Reduce Exhaust Gas Emissions from Spark-Ignition Engine*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 288. 012151.
- Wibisono, Widi. 2014. Pengaruh Desain Katalis Tipe Metallic Honeycomb Berbahan Logam Tembaga Berlapis Mangan terhadap Reduksi Emisi Gas Buang Suzuki Satria FU 150. *Jurnal Teknik Mesin*, 3 (2): 207-216. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

**LAMPIRAN**

1. Data Pengujian

a. Titik temperatur 1

T11	T21	T31	Trata1
93	98	101	97.33
145	150	152	149.00
216	203	204	207.67
252	250	244	248.67
286	303	298	295.67
357	354	349	353.33
399	396	395	396.67
444	449	453	448.67
507	500	498	501.67

HC11	HC21	HC31	HCrata1
526	556	535	539.00
307	672	644	541.00
528	608	326	487.33
60	630	454	381.33
448	457	556	487.00
145	427	516	362.67
480	337	485	434.00
335	382	379	365.33
314	298	335	315.67

CO11	CO21	CO31	COrata1
0.18	0.13	0.24	0.18
0.22	0.14	0.28	0.21
0.12	0.32	0.26	0.23
0.26	0.20	0.22	0.23
0.05	0.21	0.25	0.17
0.23	0.16	0.12	0.17
0.04	0.12	0.28	0.15
0.19	0.13	0.11	0.14
0.23	0.15	0.06	0.15

b. Titik temperatur 2

T12	T22	T32	Trata2
95	100	99	98.00
147	152	150	149.67
218	205	202	208.33
254	252	242	249.33
288	305	296	296.33
359	356	347	354.00
401	398	393	397.33
446	451	451	449.33
509	502	496	502.33

HC12	HC22	HC32	HCrata2
537	423	481	480.33
560	429	302	430.33
303	451	433	395.67
473	294	544	437.00
555	454	350	453.00
500	322	293	371.67
230	522	321	357.67
326	405	388	373.00
274	365	498	379.00

CO12	CO22	CO32	COrata2
0.11	0.31	0.27	0.23
0.25	0.17	0.19	0.20
0.24	0.18	0.20	0.21
0.19	0.16	0.30	0.22
0.21	0.09	0.22	0.17
0.19	0.14	0.16	0.16
0.15	0.20	0.13	0.16
0.18	0.15	0.12	0.15
0.17	0.14	0.10	0.14

c. Titik temperatur 3

T13	T23	T33	Trata3
97	103	97	99.00
149	155	148	150.67
220	208	200	209.33
256	255	240	250.33
290	308	294	297.33
361	359	345	355.00
403	401	391	398.33
448	454	449	450.33
511	505	494	503.33

HC13	HC23	HC33	HCrata3
345	427	472	414.67
411	606	446	487.67
515	477	439	477.00
458	493	534	495.00
388	573	553	504.67
469	335	386	396.67
432	370	400	400.67
381	348	367	365.33
444	333	288	355.00

CO13	CO23	CO33	COrata3
0.21	0.25	0.16	0.21
0.10	0.17	0.29	0.19
0.24	0.19	0.23	0.22
0.18	0.22	0.27	0.22
0.27	0.13	0.15	0.18
0.20	0.13	0.19	0.17
0.09	0.26	0.08	0.14
0.15	0.23	0.13	0.17
0.33	0.04	0.11	0.16

2. Spesifikasi Alat dan Bahan  
 a. Plat baja karbon A36

**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 (COILS)	NET WEIGHT (MTONS)	chemical composition (lock) %						Mechanical properties			
			C	Si	Mn	P	S	B	Yield strength N/mm <sup>2</sup>	Tensile strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation on gauge length %	Bend test 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	38.050 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
<b>TOTAL</b>	<b>75 Coils</b>	<b>723.080 MT</b>										

b. Bahan bakar premium

NO.	KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Bilangan Oktana - Angka Oktana Riset (RON)	RON	88,0	-	D 2699	
2.	Stabilitas Oksidasi	menit	360	-	D 525	
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 <sup>1)</sup>	D 2622 / D 4294 / D 7039	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/liter	-	0,013 <sup>1)</sup>	D 3237	
			Injeksi timbal tidak diizinkan			
5.	Kandungan Logam (Mn, Fe)	mg/l	Tidak terlarak <sup>2)</sup>		D 3831 / D 5185	
6.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7 <sup>3)</sup>	D 4815 / D 6839 / D 5599	
7.	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319 / D 6839 / D 6730	
8.	Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		D 1319 / D 6839 / D 6730	
9.	Kandungan Benzena	% v/v	Dilaporkan		D 5580 / D 6839 / D 6730 / D 3606	
10.	Distilasi:				D 86	
	10% vol. Penguapan	°C	-	74		
	50% vol. Penguapan	°C	75	125		
	90% vol. Penguapan	°C	-	180		
	Titik didih akhir	°C	-	215		
	Residu	% vol	-	2,0		
11.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452	
12.	Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381	
13.	Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381	
14.	Tekanan Uap	kPa	45	69	D 5191 / D 323	
15.	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052 / D 1298	
16.	Korosi bilah tembaga	merit	Kelas 1tif		D 130	
17.	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002 <sup>4)</sup>	D 3227	
18.	Penampilan visual		Jernih dan terang			
19.	Bau		Dapat dipasarkan			
20.	Warna		Kuning			
21.	Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13		

3. Dokumentasi












 **DINAS PERHUBUNGAN JEMBER**  
**UPT. PENGUJIAN KENDARAAN BERMOTOR**

Jl. Gajahmada No. 210 Kalwates Jember - Jawa Timur  
Phone 1 (0331) - 429329

---

DATE : 01/12/16 - 10:44  
Car type : carbur  
Serial number : -1

CO	: 0,19 %	NO OK	Between 1% - 2,5 %
CO2	: 3,5 %	NO OK	More than 12%
HC	: 335 ppm	OK	Less than 400ppm
O2	: 16,93 %	NO OK	Less than 1,5%

LAMBDA : —  
RPM : 0 rpm  
AFR : —  
CO adj. : 2,49 %

Remarks :

Diagnostic

- CO demasiado bajo
- El O2 es demasiado alto