

TUGAS SARJANA  
KONVERSI ENERGI

PENGARUH *CATALYTIC CONVERTER* BERBAHAN  
*STAINLESS STEEL* BERBENTUK SPIRAL TERHADAP EMISI  
GAS BUANG PADA KENDARAAN BERKAPASITAS 1450 CC

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S.T)  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

AHMAD RIDO SIREGAR  
1307230296



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018

**LEMBAR PENGESAHAN I  
TUGAS SARJANA  
KONVERSI ENERGI**

**PENGARUH *CATALYTIC CONVERTER* BERBAHAN  
*STAINLESS STEEL* BERBENTUK SPIRAL TERHADAP EMISI  
GAS BUANG PADA KENDARAAN 1450 CC**

Disusun Oleh :  
**AHMAD RIDO SIREGAR**  
1307230296

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

(H. Muharnif M, S.T.,M.Sc)

Pembimbing – II

(Chandra A. Siregar, S.T.,M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.,M.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN II  
TUGAS SARJANA  
KONVERSI ENERGI**

**PENGARUH CATALYTIC CONVERTER BERBAHAN  
STAINLESS STEEL BERBENTUK SPIRAL TERHADAP EMISI  
GAS BUANG PADA KENDARAAN 1450 CC**

Disusun Oleh :

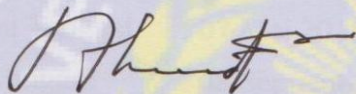
**AHMAD RIDO SIREGAR**

1307230296

Telah Diperiksa dan Diperbaiki  
Pada Seminar Tanggal 15 September 2018

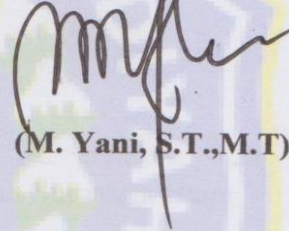
Disetujui Oleh :

Pembanding - I



(Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T)

Pembanding - II



(M. Yani, S.T.,M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.,M.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

---

---

**DAFTAR SPESIFIKASI**

**TUGAS SARJANA**

**PERIODE SEMESTER GANJIL/GENAP**

**T.A. 2017 / 2018**

**Nama Mahasiswa** : AHMAD RIDO SIREGAR  
**NPM** : 1307230296  
**Semester** : X (Sepuluh)  
**SPESIPIKASI** : Pengaruh *Catalytic Converter* berbahan *Stainless Steel*  
berbentuk *Spiral* terhadap emisi gas buang pada  
kendaraan 1450 cc

**Diberikan Tanggal** : 07 Mei 2018  
**Selesai Tanggal** : 08 September 2018  
**Asistensi** : 1 Kali Dalam Seminggu  
**Tempat Asistensi** : Di Kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
(UMSU)

Medan, 15 September 2018

Diketahui Oleh :  
Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.,M.T)

Dosen Pembimbing - I

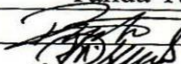
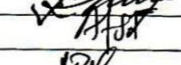
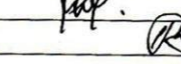
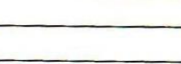

(H. Muharnif, S.T.,M.Sc.)

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar  
 Nama : Ahmad Rido Siregar  
 NPM : 1307230296  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Catalytic Converter Berbahan Stainless Steel Berbentuk Spiral Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan 1450 cc.


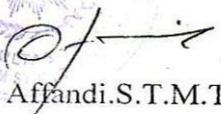
DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	H.Muharnif.S.T.M.Sc	: .....
Pembimbing – II	:	Chandra A Siregar.S.T.M.T	: .....
Pemanding – I	:	Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: .....
Pemanding – II	:	M.Yani.S.T.M.T	: .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1402230261	RUSPI WIBOWO	
2	1307230103	M. Rizky Kist	
3	1307230326	Abdul Gani Harahap	
4	1207230153	HUTARI SYAPUTRA	
5	1307230278	Fachhammad Ridho	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 05 Muharram 1440 H  
15 September 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin

  
  
Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

**NAMA** : Ahmad Rido Siregar  
**NPM** : 1307230296  
**Judul T.Akhir** : Pengaruh Catalytic Converter Berbahan Stainless Steel Ber-Bentuk Spiral Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan 1450 Cc.

**Dosen Pembimbing – I** : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
**Dosen Pembimbing – II** : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
**Dosen Pembanding - I** : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
**Dosen Pembanding - II** : M.Yani.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)

2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :


1. Lihat hasil koreksi pada Buku Tugas Sarjana
2. Kesesuaian Judul, Tujuan, dan Kesimpulan
3. Kesesuaian kutipan dengan daftar pustaka

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan 05 Muharram 1440H  
15 September 2018 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

  
Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Rido Siregar  
Tempat / Tgl Lahir : Sinarjadi, 03 Februari 1995  
NPM : 1307230296  
Bidang Keahlian : Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

### **PENGARUH *CATALYTIC CONVERTER* BERBAHAN *STAINLESS STEEL* BERBENTUK SPIRAL TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN 1450 CC**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan materil maupun non materil, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 September 2018

Saya yang menyatakan



**AHMAD RIDO SIREGAR**

**1307230296**



## ABSTRAK

*Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan masyarakat akan alat transportasi juga meningkat. Peningkatan jumlah kendaraan juga akan berdampak buruk akan lingkungan yaitu emisi gas buang dari hasil pembakaran yang tidak hasil pembakarannya yang tidak sempurna menyebabkan polusi udara. Polusi udara yang dihasilkan akan berdampak pada kenyamanan dan kesehatan manusia. Berdasarkan masalah tersebut maka diperlukan tindakan untuk mencegah pencemaran udara oleh gas buang kendaraan. Salah satu dengan menggunakan catalytic converter yang dapat mengubah gas pencemaran udara yang dihasilkan kendaraan bermotor menjadi gas yang lebih ramah lingkungan. Sehingga polusi udara yang dihasilkan kendaraan bermotor dapat dikendalikan dan lebih baik pencemaran udaranya.*

**Kata Kunci :** *Catalytic Converter, Stainless Steel, Emisi Gas buang.*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'Alaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillahil'alamina, segala puji kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya kepada penulis, sehingga atas barokah dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini sebagaimana yang diharapkan.*

Adapun judul dari Tugas Sarjana ini adalah “**PENGARUH CATALYTIC CONVERTER BERBAHAN STAINLESS STEEL BERBENTUK SPIRAL TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN 1450 CC**” yang diselesaikan selama kurang lebih 7 bulan. Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang Kesarjanaan Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama menyelesaikan Tugas Sarjana ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Chandra A. Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dalam penulisan Tugas Sarjana ini, sekaligus sebagai Sekertaris Program Study Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak M. Yani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.sc, selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan 3 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Dosen/staf pengajar di teknik mesin yang telah banyak mengajarkan saya tentang ilmu teknik mesin.
9. Pegawai Biro yang telah banyak mengurus berkas perkuliahan saya hingga sampai selesai.
10. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Aminullah Siregar dan Ibunda tercinta Siti Zubaidah Sinaga yang telah mengasuh dan membesarkan saya dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus..
11. Terimakasih saya juga kepada Asri Siti Nurbaya dan rekan-rekan seperjuangan di Himpunan Mahasiswa Mesin FT UMSU yang selalu mensupport penulis sehingga terselesainya skripsi ini.

*Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa hormat yang sebesar- besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Sarjana ini. Semoga Tugas Sarjana ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua*

*terutama bagi saya dan juga bagi teman-teman mahasiswa/i Teknik Mesin khususnya. Amin.*

*Billahifisabillihq  
Fastabiqul khairat  
Wassalamu 'Alaikum Wr. Wb*

*Medan, 08 September 2018 Penulis,*

*Ahmad Rido Siregar 1307230148*

# DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN - I</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN - II</b>	
<b>LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>viii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Catalytic Converter</i>	6
2.1.1. Defenisi <i>Catalytic Converter</i>	7
2.1.2. Cara Kerja <i>Catalytic Converter</i>	8
2.1.3. Jenis-Jenis <i>Catalytic Converter</i>	9
2.2. Katalis	11
2.2.1. <i>Monolith Support</i>	11
2.2.2. Energi Aktivasi dan Katalis	12
2.2.3. Kecepatan Reaks Katalis Heterogen	14
2.3. Subtrac	17
2.3.1. <i>Ceramic Honeycomb</i>	17
2.4. Material Katalis	18
2.4.1. Katalis Logam Mulia	18
2.5. <i>Stainless Steel</i>	20
2.5.1. Hubungan Antara <i>Stainless Steel</i> dengan Upaya <i>Pengukuran Kadar CO, HC, dan CO<sub>2</sub></i>	20
2.5.2. Sifat Fisik <i>Stainless Steel</i>	22
2.6. Bentuk Desain Katalis Model Spiral	24
2.7. Perbandingan Udara dan Bahan Bakar A/F atau AFR	28
2.8. Analisa Gas Buang	30
2.8.1. Karbon Monoksida (CO)	30

2.8.2. Hidrokarbon (HC)	32
2.8.3. Nitrogen Oksida (NOx)	34
2.9. Rumus Emisi Gas Buang	36
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>37</b>
3.1. Diagram Alir	37
3.2. Waktu dan Tempat	38
3.2.1. Tempat	38
3.2.2. Waktu	38
3.3. Persiapan Penelitian	38
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	38
3.4. Proses Pembuatan	42
3.2.2. <i>Chassing</i>	42
3.5. Proses Pembuatan	43
3.5.1. <i>Desain Catalytic Converter</i> Berbentuk Spiral	43
3.6. Prosedur Pengujian	45
3.7. Langkah-langkah Kerja	46
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>48</b>
4.1. Analisa Hasil Data Pengujian	48
4.1.1. Data Hasil Pengujian Emisi Terhadap Knalpot Standart Dan <i>Catalytic Converter</i>	48
4.1.2. Perbandingan Nilai CO, HC dan CO <sub>2</sub> Tanpa <i>Catalytic Converter</i>	53
4.1.3. Perbandingan Nilai CO, HC dan CO <sub>2</sub> Dengan <i>Catalytic Converter</i>	54
4.1.4. Perhitungan Persentase Emisi Gas Buang	55
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>57</b>
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Model Spiral</i>	26
Gambar 2.2.	<i>Kebutuhan Bahan Bakar Sesuai Dengan Keadaan</i>	29
Gambar 3.1.	<i>Diagram Alir</i>	37
Gambar 3.2.	<i>Engine Stand</i>	39
Gambar 3.3.	<i>Emission Analyzer</i>	40
Gambar 3.4.	<i>Probe</i>	40
Gambar 3.5.	<i>Digital Tachometer</i>	41
Gambar 3.6.	<i>Stopwatch</i>	41
Gambar 3.7.	<i>Catalytic Converter</i>	42
Gambar 3.8.	<i>Exhaust Muffler Standart</i>	43
Gambar 3.9.	<i>Ukuran Bentuk Spiral</i>	44
Gambar 3.10.	<i>Stainless Steel Berbentuk Spiral</i>	44
Gambar 3.11.	<i>Set Up Pengujian</i>	45
Gambar 4.1.	Perbandingan grafik CO knalpot standart dan knalpot <i>Catalytic Converter</i>	49
Gambar 4.2.	Perbandingan grafik CO knalpot standart dan knalpot <i>Catalytic Converter</i>	51
Gambar 4.3.	Perbandingan grafik CO <sub>2</sub> knalpot standart dan knalpot <i>Catalytic Converter</i>	52

## DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2.1. Arti Nilai</i>	28
<i>Tabel 3.1. Jadwal Waktu dan Kegiatan Penelitian</i>	38
<i>Tabel 4.1. Data rata-rata pengujian knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter</i>	48
<i>Tabel 4.2. Perbandingan nilai CO pada knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter</i>	44
<i>Tabel 4.3. Perbandingan nilai HC pada knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter</i>	50
<i>Tabel 4.4. Perbandingan nilai CO<sub>2</sub> pada knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter</i>	52
<i>Tabel 4.5. Nilai rata-rata emisi gas buang tanpa catalytic converter</i>	56
<i>Tabel 4.6. Nilai rata-rata emisi gas buang tanpa catalytic converter</i>	56

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
CO	Karbon Monoksida	%
HC	Hidrokarbon	ppm
CO <sub>2</sub>	Karbon Dioksida	%



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Peningkatan jumlah kendaraan bermotor saat ini meningkat pesat sehingga pencemaran udara juga meningkat. Tidak adanya pepohonan yang berada di jalan raya dan penghijauan di kota-kota besar membuat udara tidak dapat bersirkulasi di lingkungan tersebut. Adapun beberapa penyebabnya sebagai berikut :*

1. Banyaknya kendaraan bermotor juga menjadi faktor terbesar meningkatnya pencemaran udara. Gas buang dari kendaraan bermotor mengandung senyawa beracun salah satunya karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Karbon monoksida (CO) adalah gas tidak berwarna dan berbau, tetapi amat berbahaya. Kadar 10 bpj CO dalam udara menyebabkan manusia sakit, dalam waktu setengah jam 1300 ppm dapat menyebabkan kematian.
2. Data dari kementerian lingkungan hidup menyebutkan bahwa polusi udara dari kendaraan bermotor terutama berbahan bakar bensin (*spark ignition engine*) menyumbang 70% karbon monoksida (CO) dan 60% hidro karbon (HC). PP Nomor 41 tahun 1999 yang menyatakan bahwa udara sebagai sumber daya alam yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya harus dijaga dan dipelihara kelestarian fungsinya untuk pemeliharaan dan kesejahteraan manusia serta perlindungan bagi makhluk hidup lainnya.
3. Dalam penelitian ini gas buang akan langsung mengarah ke *stainless steel* berbentuk spiral bahwa hubungan tekanan suhu pada volume tetap mengikuti

*persamaan garis lurus. Artinya semakin tinggi tekanan maka semakin panas pula gas buang yang menyebabkan stainless steel membara dan bara dari stainless steel tersebut dimanfaatkan untuk proses pembakaran lanjut untuk gas CO dan HC. Setelah melalui pembakaran lanjut senyawa CO dan HC akan berubah menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>.*

4. *Catalytic Converter packed bed* untuk kendaraan bermesin diesel yang telah dikembangkan dan simulasi yang telah dilakukan maka diperoleh bahwa panjang *Catalytic Converter* yang diperlukan untuk menurunkan kadar jelaga sampai ambang batas yang diperbolehkan sangat dipengaruhi berat jelaga di gas masuk tetapi tidak terlalu dipengaruhi oleh diameter partikel katalis.

*Pencemaran udara yang tinggi membuat dunia prihatin karena pengaruh yang ditimbulkan telah merusak lingkungan, pemanasan global terjadi karena pencemaran udara, Hal ini membuat semua lapisan masyarakat berupaya untuk membantu mengurangi presentase gas beracun yang ditimbulkan oleh kendaraan bermesin diesel. Indonesia sendiri berupaya memberlakukan regulasi baru dengan standart EURO 2 yang berarti gas buang yang timbul dari pembakaran kendaraan bermotor harus memiliki nilai CO dan HC serendah mungkin.*

Salah satu cara untuk mengurangi konsentrasi CO dan HC yang dihasilkan dari pembakaran kendaraan bermotor adalah dengan menambah *catalytic converter*. Menambah *catalytic converter* pada saluran knalpot berfungsi untuk menurunkan emisi gas buang yang beracun. Pada penelitian ini *catalytic converter* akan dirubah dengan *stainless steel* berbentuk *spiral*. Dipasaran *stainless steel* harganya relative murah dari pada harga *catalytic converter*, penelitian ini bertujuan menemukan knalpot yang dapat mereduksi emisi gas buang dengan

*biaya seminimal mungkin agar bisa dinikmati semua lapisan masyarakat nantinya. Selain itu stainless steel yang berbentuk spiral yang bersifat tahan panas dan tahan korosi.*

## 1.2. Rumusan Masalah

*Dengan mengacu pada batasan masalah diatas, maka dapat dikemukakan dalam rumusan masalah adalah sebagai berikut :*

1. Bagaimana rancangan knalpot berbasis *stainless steel* berbentuk *spiral* untuk pengendalian emisi gas buang pada mobil 1450cc tahun 1999 ?
2. Bagaimana desain knalpot yang arah aliran gas buang dapat memanaskan *stainless steel* berbentuk *spiral* dengan optimal ?
3. Bagaimana emisi gas buang setelah diaplikasikan knalpot berbasis *Stainlees steel* berbentuk *spiral* ?

## 1.3. Batasan Masalah

*Penelitian ini dibatasi dengan batasan masalah Antara lain sebagai berikut:*

1. Mobil yang digunakan adalah mobil yang berkapasitas 1450cc, berbahan bakar bensin kondisi standart dengan menggunakan karburator.
2. Setiap putaran yang di uji pada emisi gas buang pada putaran rendah yaitu 2000 rpm, pada putaran sedang yaitu 3000 rpm, serta pada putaran tinggi yaitu 4000 rpm.(sumber : <https://www.alatuji.com>.)
3. Pengujian hanya dilakukan untuk mencari hasil emisi gas buang kendaraan pada roda empat dengan menggunakan *catalytic converter*.

## 1.4. Tujuan Penelitian

### 1.4.1. Tujuan Umum

- a. Untuk mengetahui pengaruh *catalytic converter* berbahan *stainless steel* berbentuk *spiral*.

### 1.4.2. Tujuan Khusus

- a. Merancang *catalytic converter* berbahan *stainless steel* berbentuk *spiral*.
- b. Menganalisa kendaraan guna mengurangi gas buang menggunakan *catalytic converter* berbentuk *spiral* dengan gas buang standart.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari perancangan dan pembuatan *catalytic converter* berbahan *stainless steel* adalah :

1. Sebagai bahan acuan untuk pengembangan gas buang pada kendaraan.
2. Memberikan kontribusi dalam hal pengurangan kerusakan lingkungan atau pencemaran udara yang bersumber dari gas buang kendaraan bermotor.
3. Untuk mengurangi polusi kendaraan pada ruang lingkup masyarakat.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### BAB I : PENDAHULUAN

*Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.*

## BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

*Bab ini berisi tentang landas teori yang digunakan yaitu mengenai persamaan- persamaan teori yang bersinggungan dengan judul tugas akhir.*

## BAB 3 : METODE PENELITIAN

*Bab ini berisikan cara atau metode penelitian, jalannya penelitian yang dilakukan, alat dan bahan.*

## BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

*Bab ini berisikan hasil dari pengujian dan analisa data.*

## BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

*Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan analisa.*

## DAFTAR PUSTAKA

*Bagian ini berisikan tentang sumber materi yang di dapat untuk membahas persoalan dalam tugas akhir ini.*

## BAB 2 TINJAUAN

### PUSTAKA

#### 2.1. Catalytic Converter

##### 2.1.1. Defenisi Catalytic Converter

*Catalytic Converter ada berbagai macam bahan dan bentuknya, ada yang berbentuk seperti sarang lebah, keramik dan ada juga yang berbentuk packed bed yang berbentuk silinder dengan penampangnya berbentuk ellips. Catalytic Converter tersusun dari dua katalis, yaitu katalis reduksi (reduction catalyst) dan katalis oksidasi (oxidization catalyst). Kedua katalis ini dilapisi katalis logam, seperti platinum, rodium, dan palladium. Baik katalis reduksi maupun katalis oksidasi, struktur permukaannya didesain sedemikian rupa untuk memaksimalkan permukaan katalis sekaligus meminimalkan jumlah katalis yang dipakai. Perlu diketahui, harga katalis logam mahal. Ada dua jenis struktur permukaan, yaitu struktur sarang lebah (honeycomb) dan keramik (ceramic beads). Struktur sarang lebah paling banyak digunakan. Katalis reduksi berfungsi mengurangi emisi oksidasi nitrogen dengan cara mengubahnya menjadi gas nitrogen dan oksigen. Logam platinum dan rodium berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi, ketika molekul NO atau NO<sub>2</sub> bersinggungan dengan katalis logam, permukaan katalis memecah oksida. Nitrogen menjadi atom nitrogen dan oksigen. Atom nitrogen di tahan di permukaan katalis. Sedangkan unsur oksigen di ubah menjadi molekul O<sub>2</sub>. Selanjutnya atom nitrogen yang bertahan dalam katalis berikatan dengan atom nitrogen lainnya sehingga membentuk gas nitrogen (N<sub>2</sub>).*

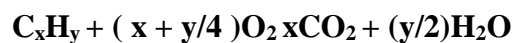
Katalis oksidasi berfungsi mengubah senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar di ruang bakar dan karbon monoksida menjadi gas karbon dioksida dan uap air. Caranya dengan mengalirkan gas oksigen ke dalam Catalytic Converter sehingga sisa senyawa hidrokarbon dan karbon monoksida akan bereaksi dengan gas oksigen. Reaksi karbon monoksida dan oksigen menghasilkan karbon dioksida, sedangkan senyawa hidrokarbon akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan karbon dioksida dan uap air. Pada proses ini, laju reaksi yang terjadi dipercepat oleh katalis platinum dan palladium.

Untuk menjelaskan reaksi-reaksi yang terjadi pada catalytic converter, ahli kimia menggunakan persamaan reaksi sebagai berikut :

- Katalis reduksi :



- Katalis oksidasi:



Seluruh proses tersebut dikendalikan oleh alat yang memonitor arus gas buangan. Informasi yang diperoleh dipakai lagi sebagai kendali sistem injeksi bahan bakar. Sebuah alat sensor oksigen diletakkan diantara mesin dan konverter. Sensor ini memberi informasi ke komputer mesin seberapa banyak oksigen yang ada di saluran gas buangan. Komputer akan mengurangi atau menambah jumlah oksigen sesuai rasio udara bahan bakar. Sistem pengendalian membuat komputer mesin memastikan kondisi mesin mendekati stoikiometri dan memastikan ketersediaan oksigen didalam saluran buangan untuk proses oksidasi hidrokarbon dan karbon monoksida yang belum terbakar.

## 2.1.2. Cara kerja Catalytic Converter

*Khusus untuk jenis TWC, prosedur kerjanya dibagi menjadi tiga bagian. Tahap pertama disebut dengan reduction katalis. Molekul  $\text{NO}_x$  disaring dan direaksikan menjadi atom nitrogen dan oksigen. Atom nitrogen yang terperangkap dalam katalis tersebut diikat dengan atom nitrogen lainnya, sehingga berubah menjadi  $\text{N}_2$ . Sementara oksigen yang ada diubah menjadi  $\text{O}_2$ .*

*Proses kerja kedua disebut oxidization katalis. Tujuannya mengurangi kadar hidrokarbon juga mengubah CO menjadi gas  $\text{CO}_2$  yang tidak berbahaya. Adapun mekanisme kerja ketiga adalah pengendalian yang memonitor arus gas buang. "Informasi" yang diperoleh dipakai untuk mengatur campuran bahan bakar dengan udara agar selalu berada dalam komposisi yang ideal. Setiap mobil memiliki jumlah alat sensor yang berbeda, bergantung pada kebutuhan dan teknologi mesinnya. Umumnya mobil injeksi menggunakan dua sensor oksigen yang berbeda tempat. Ketika sensor, misalnya, mendeteksi temperatur gas buang terlalu tinggi akibat jumlah bahan bakar yang sedikit dibandingkan udara, maka air-fuel ratio (AFR) menjadi "miskin". Informasi inilah yang akan diteruskan ke ECM. Peranti ECM pun segera bekerja melakukan penyetelan ulang komposisi bahan bakar dan udara sehingga proses pembakaran menjadi ideal. Pipa buang adalah pipa baja yang mengalirkan gas sisa pembakaran dari exhaust manifold ke udara bebas. Konstruksinya dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pipa bagian depan, tengah, dan belakang. Susunannya sengaja dibuat demikian untuk mempermudah saat penggantian catalytic converter atau muffler, tanpa perlu melepas keseluruhan konstruksi sistem pembuangan. Muffler berfungsi untuk mengurangi tekanan dan mendinginkan gas sisa pembakaran. Ini karenagas sisa*



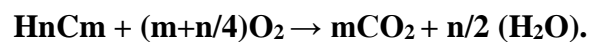
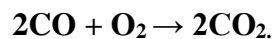
pembakaran yang dikeluarkan dari mesin memiliki tekanan cukup tinggi, sekira 3 hingga 5 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan suhunya bisa mencapai 600 hingga 800 derajat Celsius. Besaran panas ini kira-kira 34% dari energi panas yang dihasilkan mesin. Kalau gas ini langsung disalurkan ke udara luar tanpa muffler, gas akan mengembang dengan cepat diiringi dengan suara ledakan yang cukup keras.

### 2.1.3. jenis-jenis catalytic converter

Menurut fungsinya Catalytic Converter dibagi menjadi 4 macam, yaitu:

#### a) Oxidizing catalytic system.

Katalis ini mempercepat oksidasi CO dan HC yang dioperasikan pada kondisi oksigen berlebih dengan umpan oksigen dari injeksi udara sekunder (secondary air injection). Katalis yang biasa digunakan ialah platina atau palladium. Tipe katalis ini dipasang pada karburator. Berikut ini reaksinya. Oksigen berlebih mengoksidasi CO dan HC dengan reaksi:



Pada proses diatas, gas NO<sub>x</sub> tidak dapat direduksi sehingga diperlukan katalis lain. Kekurangan katalis ini adalah dapat dikotori oleh lead/timbal, belerang, dan fosfor.

#### b) Reducing catalytic conversion system.

Gas NO<sub>x</sub> yang tak dapat diolah oleh katalis oksidasi di atas, dapat diganti dengan rhodium dan ruthenium untuk mempercepat proses reduksi NO<sub>x</sub> menjadi gas N<sub>2</sub>. Sedangkan konversi menjadi amonia, NH<sub>3</sub> tidak diinginkan karena dapat diubah kembali oleh katalis pengoksidasi menjadi gas NO<sub>x</sub>. Proses reduksi dapat terjadi jika ada reduktor yang berlebih seperti CO dan HC.

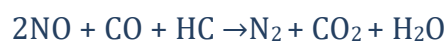


c) *Dual-bed catalytic converter.*

Inilah tipe kombinasi antara catalytic converter tipe oksidasi dengan tipe reduksi yang beroperasi pada kondisi rentang rich, Secondary air, udara sekunder diinjeksikan diantara dua tipe katalis tersebut. Dengan cara ini dimungkinkan terjadi reaksi secara serempak untuk mereduksi  $\text{NO}_x$ , CO dan HC. Kekurangan tipe katalis reduksi ini, mesin harus dioperasikan pada rentang rich sehingga konsumsi BBM menjadi tinggi. Reaksi kimia reduksi dan oksidasi saling melengkapi satu sama lain dan saling bergantung. Reduksi serentak polutan CO, HC dan  $\text{NO}_x$  akan terjadi jika komposisi gas buang dalam rentang stoikiometri. Agar proses berlangsung dengan baik, perlu campuran BBM-udara yang konstan pada semua kondisi pembebanan mesin walaupun hal ini tidak dapat dikontrol dengan peralatan pencampur BBM mekanis. Dengan demikian diperlukan sistem loop tertutup (closed-loop). Hal ini dilakukan oleh Lambda, sensor untuk memonitor campuran udara dan BBM.

d) *Three-way catalytic converter system*

Tipe keempat ini ialah konverter pengolah gas buang yang menghasilkan fluen dengan kualitas yang sangat baik dilihat dari segi kualitas gas olahan yang relatif bersih. Ini disebabkan oleh sistem pencampur udara - BBM yang berbasis komputer dan konversi yang serentak terhadap polutan CO, HC dan  $\text{NO}_x$ . Katalisnya adalah platina dan rhodium. Reaksi di dalam katalis three-way adalah:



Reaksi di atas perlu dikendalikan agar rasio oksidator (NO) terhadap reduktor (CO dan HC) dapat menghasilkan penyisihan semua polutan sekitar

95%. Ini dapat dilakukan oleh sensor  $ZrO_2$  (zirconium dioksida). Sensor  $ZrO_2$  terdiri atas silinder yang salah satu ujungnya berupa  $ZrO_2$  yang dilapisi platina dan dimasukkan ke dalam manifold gas buang. Sensor ini berupa sel elektrolit dengan  $ZrO_2$  berfungsi sebagai elektrolit padat. Tegangan outputnya berfungsi untuk mengisi kadar oksigen di dalam gas buang. Hal ini akan mengendalikan komputer pengendali agar rasio A/F tetap berkisar  $\pm 0,05$  sehingga tetap pada grafik teratas.

## 2.2. Katalis

### 2.2.1. Monolith Support

Dukungan katalis monolitik adalah struktur terekstrusi yang merupakan inti dari banyak *Catalytic Converter*, kebanyakan *particulate filter diesel*, dan beberapa reaktor katalitik. Kebanyakan *catalytic converter* digunakan untuk mengendalikan emisi kendaraan. *Catalytic Converter* stasioner dapat mengurangi polusi udara dari pembangkit listrik bahan bakar fosil.

*Monolith* untuk *catalytic converter* otomotif terbuat dari keramik yang mengandung sejumlah besar cordierite sintesis,  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ , yang memiliki koefisien ekspansi termal rendah. Setiap monolit berisi ribuan saluran paralel atau lubang, yang didefinisikan oleh banyak dinding tipis, dalam struktur sarang lebah. Saluran bisa berbentuk persegi, heksagonal, bulat, atau bentuk lainnya. Kerapatan lubang bisa dari 30 sampai 200 per  $cm^2$ , dan dinding pemisahannya bisa 0,05 sampai 0,3 mm. Banyak lubang kecil memiliki luas permukaan yang jauh lebih besar dari pada satu lubang besar. Luas permukaan yang tinggi memudahkan reaksi katalitik atau filtrasi. Ruang terbuka di daerah penampang melintang adalah 72 sampai 87% area frontal, jadi hambatan terhadap aliran gas melalui lubang rendah, yang meminimalkan energi yang dikonsumsi

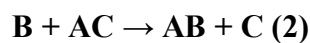
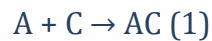
memaksa gas melewati struktur. Monolit adalah substrat yang mendukung katalis. Setelah monolit selesai, dicuci diterapkan untuk mengoksidasi oksida dan katalis (paling umum platinum, paladium, dan rhodium) pada dinding lubang. Struktur alternatif meliputi logam bergelombang dan tempat tidur berlapis pelet berlapis atau bentuk lainnya.

### 2.2.2 Energi Aktivasi dan Katalis

Kebutuhan energi minimum yang harus dipenuhi untuk reaksi kimia terjadi disebut energi aktivasi. Reaksi kimia antara dua zat hanya terjadi ketika sebuah atom, ion, atau molekul satu bertabrakan dengan atom, ion, atau molekul yang lain. Dan untuk lebih jelasnya silah simak uraian singkat berikut ini Energi aktivasi adalah sejumlah energi minimum yang diperlukan oleh suatu zat untuk dapat bereaksi hingga terbentuk zat baru. Reaksi kimia dapat berlangsung endoterm maupun eksoterm. Reaksi endoterm spontan, apabila energi yang diperlukan cukup diambil dari lingkungan saja. Namun banyak reaksi yang harus dipanaskan agar dapat bereaksi. Reaksi eksoterm spontan, terjadi langsung saat zat-zat dicampur. Semua reaksi pembakaran eksoterm, Namun memerlukan energi ambang untuk memulai reaksi, karena tak cukup hanya mengambil dari lingkungan saja. Semua energi untuk bereaksi ini adalah energi aktivasi.

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri (lihat pula katalisis). Suatu katalis berperan dalam reaksi tetapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi

aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama, katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisisnya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap. Ikatan dalam substrat- substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas. Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya. Berikut ini merupakan skema umum reaksi katalitik, di mana C melambangkan katalisnya:



Meskipun katalis (C) termakan oleh reaksi 1, namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi 2, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi,



Katalis tidak termakan atau pun tercipta. Enzim adalah biokatalis. Penggunaan istilah "katalis" dalam konteks budaya yang lebih luas, secara bisa dianalogikan dengan konteks ini. beberapa katalis ternama yang pernah dikembangkan di antaranya katalis Ziegler-Natta yang digunakan untuk produksi massal polietilen dan polipropilen. Reaksi katalitik yang paling dikenal ialah proses Haber untuk sintesis amoniak, yang menggunakan besi biasa sebagai

katalis. *Catalytic converter* yang dapat menghancurkan produk samping knalpot yang paling bandel-dibuat dari *platinadan rodium*.

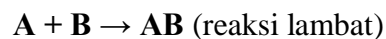
### 2.2.3. Kecepatan Reaksi Untuk Reaksi Katalis Heterogen.

*Reaksi heterogen adalah reaksi yang berlangsung dalam suatu sistem yang heterogen yaitu sistem yang di dalamnya terdapat dua atau lebih fasa. Banyak reaksi kimia fasa cair maupun gas yang hanya dapat berlangsung pada permukaan padatan. Karena sifat reaksinya hanya bergantung pada fasa padat, maka reaksi tersebut dikatakan berkatalisis dengan fasa padat sebagai katalisnya. Ada lima tahapan dalam reaksi heterogen.*

- a) Difusi molekul-molekul pereaksi menuju permukaan.
- b) Adsorpsi molekul-molekul pereaksi pada permukaan.
- c) Reaksi berlangsung di permukaan.
- d) Desorpsi hasil reaksi dari permukaan.
- e) Difusi hasil – hasil reaksi meninggalkan permukaan menuju sistem keseluruhan.

*Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisisnya. Penggunaan katalis heterogen biasanya pada suhu dan tekanan tinggi. Umumnya katalis heterogen berupa zat padat yang terdiri dari logam atau oksida logam. Keuntungan penggunaan katalis heterogen adalah katalisnya dapat dipisahkan dengan penyaringan dari produk bila reaksi telah selesai. Banyak proses industri yang menggunakan katalis heterogen sehingga proses dapat berlangsung lebih cepat dan biaya produksi dapat dikurangi. Beberapa logam ada yang dapat mengikat cukup banyak molekul-molekul gas pada permukaannya, misalnya Ni, Pt, Pd dan V. Gaya Tarik menarik Antara atom*

logam dengan molekul gas dapat memperlemah ikatan kovalen pada molekul gas, dan bahkan dapat memutuskan ikatan itu. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi- pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap. Ikatan dalam substrat-substrat menjadi sedemikian lemah sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas. Secara umum proses suatu reaksi kimia dengan penambahan katalis dapat dijelaskan sebagai berikut. Zat A dan zat B yang direaksikan membentuk zat AB dimana zat C sebagai katalis.



*Bila tanpa katalis diperlukan energy pengaktifan yang tinggi dan terbentuknya zat AB lambat.*

*Namun, dengan adanya katalis C, maka terjadilah reaksi :*



*Pengaktifan diturunkan, maka AC terbentuk cepat dan seketika itu juga AC bereaksi dengan B membentuk senyawa ABC.*



*Energi pengaktifan reaksi ini rendah sehingga dengan cepat terbentuk ABC yang kemudian mengurai menjadi AB dan C.*



*Adapun mekanisme reaksi katalisis heterogen secara umum adalah sebagai berikut:*

- a) Difusi molekul reaktan ke permukaan katalis
- b) Adsorpsi reaktan pada permukaan katalis.
- c) Reaksi difusi reaktan pada permukaan katalis.

- d) Reaksi dalam lapisan adsorpsi.
- e) Desorpsi produk reaksi dari permukaan katalis.
- f) Abfusi pada produk keluar dari permukaan katalis

Mekanisme katalisis heterogen menurut *Langmuir-hinshelwood*

- a) Atom A dan B teradsorpsi ke permukaan katalis.
- b) Atom A dan B berdifusi melalui permukaan.
- c) Atom A dan B berinteraksi satu sama lain.
- d) Sebuah molekul terbentuk dan terjadi desorpsi

Mekanisme katalisis heterogen menurut *Rideal-Eley*

- A. Atom A diadsorpsi oleh permukaan katalis (k).

*Difusi adalah peristiwa mengalirnya / berpindahinya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian berkonsentrasi rendah. Proses difusi molekul reaktan ke permukaan atau difusi pada produk desorpsi merupakan proses yang paling lambat dan tidak dapat ditentukan kecuali pada penentuan proses teknik yang melibatkan penyerapan katalis.*

- B. Atom B lewat, kemudian berinteraksi dengan atom A yang ada dipermukaan katalis (k). Katalis menyediakan suatu permukaan dimana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap.

- C. Atom A dan B saling berinteraksi satu sama lain.

- D. Sebuah molekul terbentuk dan terjadi desorpsi. (sumber : [jurnallapan.go.id/index.php/berita\\_dirgantara/article/view/67](http://jurnallapan.go.id/index.php/berita_dirgantara/article/view/67))



## 2.3. Subtrac

### 2.3.1. Ceramic Honeycomb

*Sarang lebah keramik adalah tiga dekade terakhir pengembangan struktur seperti bentuk sarang lebah dan jenis baru dari produk keramik. Pertama digunakan dalam pemurnian knalpot mobil kecil yang banyak digunakan di bidang kimia, listrik, logam, minyak bumi, elektronika, listrik, permesinan dan industri lainnya, namun juga lebih luas lagi, prospek pengembangannya cukup besar. Keramik sarang lebah tak terhitung lubang yang sama dari berbagai bentuk, jumlah lubang terbesar mencapai masing-masing cm persegi 20 sampai 40, kerapatan 4 sampai 6 gram per sentimeter kubik, penyerapan air hingga 20%. Luas permukaan geometris pembawa karena karakteristik dinding tipis berpori, sangat meningkat dan tahan shock termal yang lebih baik, produk saat ini, lubang jaring pada segitiga dan Kuartet, Segitiga jauh lebih baik dari pada daya tahan quad, jumlah lubang juga lebih, yang sangat penting sebagai pembawa katalis. Dengan jumlah lubang per satuan luas perbaikan dan pengurangan ketebalan dinding pori pembawa, ketahanan sengatan termal dari substrat keramik dalam tren adalah memperbaiki suhu kerusakan thermal shock yang dinaiikkan.*

*Sarang lebah keramik harus mengurangi koefisien ekspansi dan meningkatkan jumlah lubang per satuan luas. Koefisien ekspansi termal adalah indikator kinerja utama, tingkat arus  $\leq 1,0 \times 10^{-6}$  (25-1000 ° C). Produksi pertama bahan baku sarang lebah keramik seperti kaolin, talek, serbuk aluminium, tanah liat, dan saat ini telah melampaui, terutama tanah diatom, zeolit, tanah ekspansif, dan aplikasi tahan api, aplikasi honeycomb keramik yang semakin populer. Produk utama dari pengisi regeneratif sarang lebah keramik, karbon aktif, alumina*

*aktif, saringan molekuler, bola porselen, pengepakan menara dan katalis dari puluhan produk. Regenerator keramik Honeycomb mengemas kapasitas panas  $1000\text{J} / (\text{kgK})$  di atas, penggunaan suhu  $\geq 1700\text{ }^\circ\text{C}$ , penghematan bahan bakar hingga 40% di tungku, pembuatan roti, oven perendaman, tungku pirolisa, kiln, produksi meningkat lebih dari 15% suhu gas buang di bawah  $150\text{ }^\circ\text{C}$ . Serbuk karbon aktif atau partikel yang terbuat dari bentuk sarang lebah keramik, yang sangat meningkatkan pemurnian air dan pengolahan air limbah, terutama di industri farmasi, antibiotik, hormon, vitamin, injeksi asam nukleat, dan berbagai suntikan, obat-obatan seperti sebagai penguapan dekolonisasi dehidrasi.*

*Pengisi kemasan keramik sarang lebah dari pada bentuk lain dari luas permukaan spesifik yang lebih tinggi, kekuatan dan lebih baik, memungkinkan distribusi uap-cairan lebih seragam, ketahanan tempat tidur lebih rendah, lebih baik, dan memperpanjang masa pakai di industri petrokimia, farmasi dan kimia halus untuk pengisi. Efeknya cukup bagus. Sarang lebah keramik digunakan dalam keuntungan katalis. Bahan keramik sarang lebah menggunakan bahan pelapis yang unik, logam mulia, tanah jarang dan persiapan logam transisi, dan dengan demikian memiliki keunggulan aktivitas katalitik yang tinggi, stabilitas termal yang baik, umur panjang, kekuatan tinggi.*

## **2.4. Material Katalis**

### **a) Katalis Logam Mulia**

*Logam mulia seperti platinum, palladium, ruthenium, rhodium, Au, Ag, baik tunggal atau kombinasi merupakan jenis katalis yang banyak dipergunakan sebagai katalis. Keuntungan penggunaan katalis logam mulia karena memiliki tingkat aktivitas yang tinggi. Selektifitas yang baik, dan daya tahan yang*

baik, sehingga jangka waktu penggantianannya lama. Logam mulia yang banyak digunakan sebagai katalis antara lain:

- *Platinum :*

Merupakan katalis logam mulia yang paling banyak dipergunakan. Katalis ini memiliki aktivitas yang tinggi dalam proses hidrogenasi, dehidrogenasi, oksidasi, dll. Biasanya merupakan katalis pertama yang dipilih sebelum memperoleh katalis yang lebih tepat. Saat ini penggunaannya makin meluas, termasuk dibidang kimia khusus untuk reduksi alkilasi, hidrogenasi karbonil dan hidrogenasi selektif senyawa nitro tanpa dehalogenasi.

- *Ruthenium :*

Katalis ruthenium memiliki aktivitas yang tinggi dalam hidrogenasi senyawa karbonil alifatik dan cincin aromatik pada kondisi medium tanpa reaksi sampingan. Jika terdapat air dalam system reaksi, katalis ini akan memberikan aktivitas yang lebih tinggi lagi. Katalis ini tahan senyawa sulfuric yang biasanya merupakan racun bagi katalis logam mulia. Katalis ini stabil dalam pelarut asam dan basa, dan dapat digunakan untuk reaksi dalam asam kuat.

- *Rhodium :*

Merupakan katalis yang memiliki aktivitas tinggi dalam hidrogenasi senyawa aromatik. Katalis ini menghidrogenasi banyak senyawa aromatik pada suhu ruang dan tekanan normal. Katalis ini juga memiliki aktivitas lebih tinggi dibanding katalis logam palladium yang biasa dipergunakan dalam hidrogenasi olefin.

- *Iridium :*

*Meskipun katalis iridium memiliki aktivitas yang rendah dan aplikasi yang terbatas mengingat kelangkaannya, katalis ini mulai mendapat perhatian karena sifat reaksinya yang unik logam-logam lain seperti Sn, Pb, Ni, Co, Ge digunakan sebagai promotor. Logam-logam ini dilapisi berbagai carrier/pembawa seperti alumina, silica, zeolit dan karbon*

## **2.5. *Stainless Steel***

### **2.5.1. Hubungan Antara *Stainless Steel* Dengan Upaya Pengurangan Kadar CO dan HC Pada Kendaraan.**

*Plasma Non Termik (PNT) adalah suatu keadaan dimana gas terionisasi sebagian dan energi elektron jauh lebih besar dari energi ion dan energi molekul netral. Teknologi Plasma Non Termik untuk pereduksian emisi gas buang didasari atas sifat plasma jenis yakni mudahnya plasma jenis tersebut menghasilkan senyawa-senyawa radikal bebas (free radical). Berbagai penelitian yang dipublikasikan menunjukkan bahwa keuntungan utama pada proses pereduksian oleh Plasma Non Termik dapat dengan mudah menseleksi energi listrik yang ditransferkan ke elektron agar mampu mengionisasi gas yang dalam hal ini gas emisi. Energi listrik yang ditransferkan pun dapat dibangkitkan oleh sistem pengapian mobil termodifikasi Pereduksian oleh Plasma Non Termik terdiri dari beberapa tahapan seperti ionisasi, eksitasi, disosiasi, transfer muatan, attachment dan rekombinasi (radikal-radikal, elektron-ion, ion-ion) dan reaksi radikal-radikal. Plasma Non Termik untuk pengendalian gas emisi pembakaran hidrokarbon, yakni pembangkitan Plasma Non Termik menggunakan teknik lucutan pijar korona pada konfigurasi geometri elektroda titik, bidang (point-to-plane electrode*

geometry) dengan sampel gas CO<sub>2</sub> murni serta aditif uap air, NH<sub>3</sub> dan gas Ar murni. Hasil yang diperoleh ini adalah kemampuan reduksi gas CO<sub>x</sub> pada percampuran gas CO<sub>2</sub> dan aditif dengan persentasi pereduksian sebesar rata-rata 83 persen. Gas buang kendaraan bermotor yang didalamnya terkandung gas NO<sub>x</sub> dikondisikan menjadi fase plasma non-termik dengan menggunakan teknik plasma lucutan pijar korona. Selanjutnya dalam fase plasma non-termik, gas buang kendaraan bermotor akan mengalami reaksi radikal bebas yang mengakibatkan terjadinya proses disosiasi dan rekombinasi antara gas NO<sub>x</sub> dengan gas-gas lain yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor sehingga menghasilkan senyawa-senyawa baru dan mereduksi kadar NO<sub>x</sub>. Model untuk pereduksian NO<sub>x</sub> Pereduksian Nitrogen Oksida dari pembakaran hidrokarbon kendaraan bermotor merupakan salah satu kajian penting dari proses yang dapat dilakukan pada kondisi plasma non termik. Pembakaran terhadap hidrokarbon dalam keadaan sempurna (stoikiometri), pembakaran pada bensin atau oktana (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), akan menghasilkan CO<sub>2</sub> dengan reaksi sebagai berikut:



Proses pembakaran tidak sempurna pada hidrokarbon terjadi bila selama proses pembakaran terdapat perbandingan kandungan bahan bakar yang lebih banyak dari oksigen dalam campuran. Proses pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, uap air (H<sub>2</sub>O), SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, serta senyawa hidrokarbon tak terbakar (HC) yang menimbulkan polusi udara. Karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), dan sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) merupakan polutan yang tetap mempertahankan bentuknya di udara bebas seperti saat pembuangan (polutan primer). Polutan-polutan tersebut baik secara

langsung maupun tidak langsung memberikan efek negatif bagi manusia seperti pembentukan karboksi hemoglobin (COHb) dari pengikatan CO dengan hemoglobin, peningkatan temperatur permukaan bumi (efek rumah kaca) akibat peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di udara.

## 2.5.2 Sifat Fisik *Stainless Steel*

Sifat-sifat fisik dari *stainless steel* terutama dinyatakan dalam aspek berikut:

### 1. Koefisien Ekspansi Termal

Perubahan dalam massa, gelar, atau elemen yang disebabkan oleh perubahan suhu. Koefisien dari ekspansi adalah lereng ekspansi suhu kurva, Koefisien seketika ekspansi lereng pada suhu tertentu, dan lereng rata-rata antara dua suhu tertentu adalah koefisien rata-rata termal ekspansi. Koefisien ekspansi dapat dinyatakan oleh volume atau panjang, biasanya dengan panjang.

### 2. Kepadatan

Densitas materi adalah massa per satuan volume unit, kg/m<sup>3</sup> atau lb/in<sup>3</sup>.

### 3. Modulus Elastisitas

Gaya yang dibutuhkan di wilayah satuan disebut modulus elastisitas ketika angkatan pada akhir unit panjang tepi menyebabkan perubahan unit panjang objek. Unit adalah lb in<sup>3</sup> atau N/m<sup>3</sup>.

### 4. Resistivitas

Ukuran perlawanan antara dua sisi yang berlawanan dari unit panjang kubus bahan. Unit dinyatakan oleh Omega m, Mu cm atau OMEGA (usang) / (melingkar, mil.ft).

## 5. Permeabilitas

Koefisien berdimensi menunjukkan tingkat yang bahan mudah magnet, dan adalah rasio dari induksi magnetik untuk medan magnet.

## 6. Pencairan Rentang Suhu

Menentukan suhu di mana paduan mulai memantapkan dan membeku.

## 7. Panas Spesifik

Jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah suhu massa unit 1 derajat. Di Inggris dan CGS sistem, nilai panas dua adalah sama, karena unit panas (Btu atau CAL) tergantung pada unit massa air meningkat 1 derajat untuk mendengar panas diperlukan. Nilai panas spesifik dalam sistem internasional unit berbeda dari sistem Inggris atau sistem CGS, karena unit energi (J) ditentukan oleh definisi yang berbeda. Unit panas spesifik adalah Btu (16 = 0F) dan J / (kg = k).

## 8. Daya Konduksi

Ukuran tingkat di mana panas dibawa oleh masalah. Ketika gradien suhu 1 derajat didirikan pada daerah bagian unit, konduktivitas termal didefinisikan sebagai panas per satuan waktu, dan konduktivitas termal Btu / (H. Ft. 0F) atau w / (M = K).

## 9. Termal Diffusivity

Properti untuk menentukan tingkat migrasi pra suhu internal suatu zat, rasio konduktivitas termal untuk produk panas spesifik dan kepadatan, dan unit diffusivity termal dinyatakan sebagai Btu / (H. Ft. 0F) atau w / (M=k).

## 2.6. Bentuk Desain Katalis Model *Spiral*

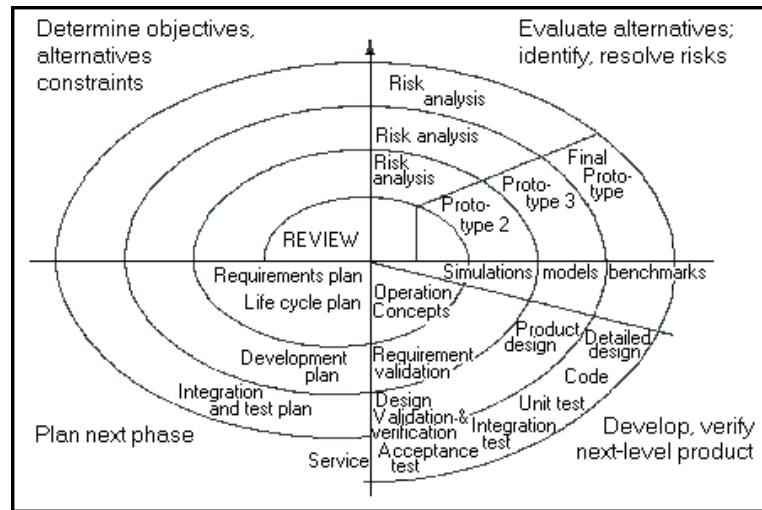
*Proses model yang lain, yang cukup populer adalah Spiral Model. Model ini juga cukup baru ditemukan, yaitu pada sekitar tahun 1988 oleh Barry Boehm pada artikel A Spiral Model of Software Development and Enhancement. Spiral model adalah salah satu bentuk evolusi yang menggunakan metode iterasi natural yang dimiliki oleh model prototyping dan digabungkan dengan aspek sistimatis yang dikembangkan dengan model waterfall. Tahap desain umumnya digunakan pada model Waterfall, sedangkan tahap prototyping adalah suatu model dimana software dibuat prototype (incomplete model), "blue-print"-nya, atau contohnya dan ditunjukkan ke user/customer untuk mendapatkan feedback-nya. Jika prototype-nya sudah sesuai dengan keinginan user/customer, maka proses SE dilanjutkan dengan membuat produk sesungguhnya dengan menambah dan memperbaiki kekurangan dari prototype tadi. Model ini juga mengkombinasikan top-down design dengan bottom-up design, dimana top-down design menetapkan sistem global terlebih dahulu, baru diteruskan dengan detail sistemnya, sedangkan bottom-up design berlaku sebaliknya. Top-down design biasanya diaplikasikan pada model waterfall dengan sequential-nya, sedangkan bottom-up design biasanya diaplikasikan pada model prototyping dengan feedback yang diperoleh. Dari 2 kombinasi tersebut, yaitu kombinasi antara desain dan prototyping, serta top-down dan bottom-up, yang juga diaplikasikan pada model waterfall dan prototype, maka spiral model ini dapat dikatakan sebagai model proses hasil kombinasi dari kedua model tersebut. Oleh karena itu, model ini biasanya dipakai untuk pembuatan software dengan skala besar dan kompleks. Spiral model dibagi menjadi beberapa framework aktivitas, yang disebut dengan task regions.*



Kebanyakan aktivitas tersebut dibagi antara 3 sampai 6 aktivitas. Berikut adalah aktivitas-aktivitas yang dilakukan dalam spiral model:

- *Customer communication*, aktivitas yang dibutuhkan untuk membangun komunikasi yang efektif antara *developer* dengan *user/customer* terutama mengenai kebutuhan dari *customer*.
- *Planning*, aktivitas perencanaan ini dibutuhkan untuk menentukan sumber daya, perkiraan waktu pengerjaan, dan informasi lainnya yang dibutuhkan untuk pengembangan software.
- *Analysis risk*, aktivitas analisis resiko ini dijalankan untuk menganalisis baik resiko secara teknis maupun secara manajerial. Tahap inilah yang mungkin tidak ada pada model proses yang juga menggunakan metode iterasi, tetapi hanya dilakukan pada *spiral* model.
- *Engineering*, aktivitas yang dibutuhkan untuk membangun 1 atau lebih representasi dari aplikasi secara teknis.
- *Construction & Release*, aktivitas yang dibutuhkan untuk *develop software*, *testing*, instalasi dan penyediaan *user/costumer support* seperti *training* penggunaan *software* serta dokumentasi seperti buku manual penggunaan *software*.
- *Customer evaluation*, aktivitas yang dibutuhkan untuk mendapatkan *feedback* dari *user/customer* berdasarkan evaluasi mereka selama *representasi software* pada tahap *engineering* maupun pada implementasi selama instalasi *software* pada tahap *construction and release*.

Berikut adalah gambar dari spiral model secara umum :



(sumber : spiral-model amp blog ku.com)

Gambar 2.1. Model Spiral

Satu lingkaran dari bentuk spiral pada spiral model dibagi menjadi beberapa daerah yang disebut dengan region. Region tersebut dibagi sesuai dengan jumlah aktivitas yang dilakukan dalam spiral model. Tentunya lingkup tugas untuk project yang kecil dan besar berbeda. Untuk project yang besar, setiap region berisi sejumlah tugas-tugas yang tentunya lebih banyak dan kompleks dari pada untuk project yang kecil. SE berjalan dari inti spiral berjalan mengitari sirkuit per sirkuit. Sebagai contoh untuk sirkuit pertama dilakukan untuk pembangunan dari spesifikasi dari software dengan mencari kebutuhan dari customer. Untuk sirkuit pertama harus menjalani semua aktivitas yang didefinisikan. Setelah 1 sirkuit terlewati lanjut ke tugas selanjutnya misalnya membangun prototype. Tugas ini juga harus mengitari 1 sirkuit dan begitu terus selanjutnya sampai project selesai. Tidak seperti model-model konvensional dimana setelah SE selesai, maka model tersebut juga dianggap selesai. Akan tetapi

hal ini tidak berlaku untuk spiral model, dimana model ini dapat digunakan kembali sepanjang umur dari software tersebut. Pada umumnya, spiral model digunakan untuk beberapa project seperti Concept Development Project (proyek pengembangan konsep), New Product Development Project (proyek pengembangan produk baru), Product Enhancement Project (proyek peningkatan produk), dan Product Maintenance Project (proyek pemeliharaan proyek). Keempat project tersebut berjalan berurutan mengitari sirkuit dari spiral. Sebagai contoh setelah suatu konsep dikembangkan dengan melalui aktivitas dari spiral model, maka dilanjutkan dengan proyek selanjutnya yaitu pengembangan produk baru, peningkatan produk, sampai pemeliharaan proyek. Semuanya melalui sirkuit-sirkuit dari spiral model.

Ada tahapan yang belum terdapat pada model yang lain yaitu analisis resiko yang menjadi suatu keunggulan tersendiri dari spiral model ini. Analisis resiko menjadikan model ini unggul secara manajerial maupun teknis, karena resiko yang dianalisis mencakup dalam 2 scope tersebut. Mungkin untuk project dengan skala kecil, analisis resiko bisa membuang waktu, meskipun penting juga untuk dilakukan. Akan tetapi untuk project dengan skala besar, analisis resiko harus, harus, dan harus dilakukan. Jika muncul masalah pada suatu tahapan tentu akan membuang waktu lebih banyak. Jadi, sudah sewajarnya ketika akan menerapkan SE dengan model ini, tentu harus ada alokasi waktu tersendiri khusus untuk melakukan tahapan analisis resiko. Pada akhirnya, meskipun ada beberapa kelemahan, akan tetapi spiral model ini cocok digunakan untuk pengembangan software di jaman sekarang ini.

## 2.7. Perbandingan Udara Dan Bahan bakar A/F atau AFR

*Sebuah mesin otomotif memerlukan perbandingan campuran udara terhadap bahan bakar atau Air to Fuel Ratio (AFR) berkisar 5:1 s/d 20:1.*

*Syarat agar bahan bakar dapat terbakar dengan baik tidak hanya memperhitungkan perbandingan campuran saja tetapi juga tingkat homogenitas campuran sangat berpengaruh.*

*Perbandingan campuran pada mesin otomotif bervariasi dan dapat diatur sesuai kebutuhan. Daya yang besar memerlukan campuran yang sedikit kaya ( $\lambda$  sekitar 0,85 s/d 0,95), tetapi untuk keperluan hemat bahan bakar campuran bisa sedikit miskin ( $\lambda$  sekitar 1 s/d 1,05). Apabila campuran terlalu kaya pemakaian bensin jadi boros dan dayanya juga turun, sementara bila campuran terlalu miskin daya mesin berkurang dan pemakaian bahan bakar juga menjadi lebih boros. Sehingga nilai  $\lambda = 1$  merupakan pilihan paling baik untuk emisi gas buang, daya yang dihasilkan, dan konsumsi bahan bakar. Nilai  $\lambda$  mengindikasikan seberapa besar penyimpangan jumlah udara dalam campuran dibandingkan dengan kebutuhan secara teori.*

Tabel 2.1. Arti Nilai

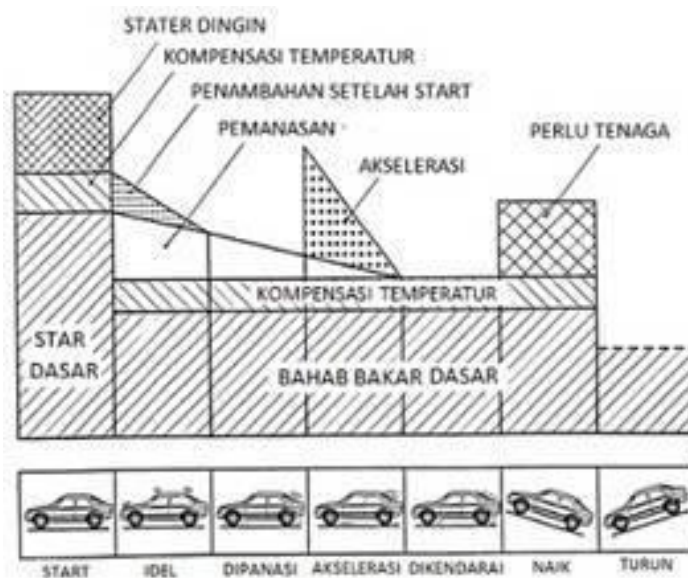
Nilai $\lambda$	artinya
$\lambda \ll 1$	udara yang dimasukkan sangat kurang dari kebutuhan teori.
$\lambda < 1$	udara yang dimasukkan kurang dari kebutuhan teori.
$\lambda = 1$	udara yang dimasukkan sesuai dengan kebutuhan teori.
$\lambda > 1$	udara yang dimasukkan lebih banyak dari kebutuhan teori.
$\lambda \gg 1$	udara yang dimasukkan jauh lebih banyak dari kebutuhan teori.

(sumber : [www.vedcmalang.com](http://www.vedcmalang.com))

Kerja mesin otomotif dapat digolongkan dalam beberapa keadaan sebagai berikut:

- 1) Start.
- 2) Stasioner.
- 3) Pemanasan.
- 4) Berjalan normal.
- 5) Percepatan
- 6) Penanjakan.
- 7) Penurunan.

Kebutuhan bahan bakar juga disesuaikan dengan keadaan-keadaan diatas, seperti Gambar. 2.2.



(sumber: [www.vedcmalang.com](http://www.vedcmalang.com))

Gambar 2.2. Kebutuhan Bahan Bakar Sesuai dengan Keadaan

Ketika mesin di start dan masih dingin, komponen mesin juga masih dingin, banyak bensin yang disemprotkan kembali mengembun, agar bensin yang tercampur dengan udara membentuk campuran yang mudah terbakar bensin

diperbanyak. Selama temperatur berubah dari dingin menjadi panas berangsur-angsur bensin dikurangi sampai pada perbandingan yang sesuai untuk kondisi panas. Pada temperatur kerja campuran dirancang paling ramah lingkungan,  $\lambda = 0,9-1,1$ . Hal ini dipertahankan pada berbagai kecepatan kerja mesin. Saat percepatan, dimana katup gas dibuka dengan seketika, penambahan udara terjadi dengan seketika. Agar mesin tidak mati maka bahan bakar juga harus ditambahkan dengan seketika. Untuk keadaan beban penuh (saat kendaraan menanjak/katup gas terbuka penuh) campuran harus menghasilkan daya maksimal, maka nilai yang sesuai  $\lambda = 0,85 - 0,95$ . Saat kendaraan tidak memerlukan daya (kendaraan dijalan turun), jumlah bensin dapat dikurangi dari kebutuhan untuk penghematan bahan bakar. Untuk dapat mengatur dengan tepat perlu diketahui struktur bahan bakar.

## 2.8. Analisa Gas Buang

### 2.8.1. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida, rumus kimia CO, adalah gas yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa. Ia terdiri dari satu atom karbon yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen. Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Karbon monoksida mudah terbakar dan menghasilkan lidah api berwarna biru, menghasilkan karbon dioksida. Walaupun ia bersifat racun, CO memainkan peran yang penting dalam teknologi modern, yakni merupakan prekursor banyak senyawa karbon. Gas

produser dibentuk dari pembakaran karbon di oksigen pada temperatur tinggi ketika terdapat karbon yang berlebih. Dalam sebuah oven, udara dialirkan melalui kokas. CO<sub>2</sub> yang pertama kali dihasilkan akan mengalami kesetimbangan dengan karbon panas, menghasilkan CO. Reaksi O<sub>2</sub> dengan karbon membentuk CO disebut sebagai kesetimbangan Boudouard. Di atas 800 °C, CO adalah produk yang dominan. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Karbon monoksida mudah terbakar dan menghasilkan lidah api berwarna biru, menghasilkan karbon dioksida. Walaupun ia bersifat racun, CO memainkan peran yang penting dalam teknologi modern, yakni merupakan prekursor banyak senyawa karbon. Gas produser dibentuk dari pembakaran karbon di oksigen pada temperatur tinggi ketika terdapat karbon yang berlebih. Dalam sebuah oven, udara dialirkan melalui kokas. CO<sub>2</sub> yang pertama kali dihasilkan akan mengalami kesetimbangan dengan karbon panas, menghasilkan CO. Reaksi O<sub>2</sub> dengan karbon membentuk CO disebut sebagai kesetimbangan Boudouard. Di atas 800 °C, CO adalah produk yang dominan:



Kerugian dari metode ini adalah apabila dilakukan dengan udara, ia akan menyisakan campuran yang terdiri dari nitrogen. Gas sintetik atau gas air diproduksi via reaksi endotermik uap air dan karbon:



CO juga merupakan hasil sampingan dari reduksi biji logam oksida dengan karbon:



Oleh karena CO adalah gas, proses reduksi dapat dipercepat dengan memanaskannya. Diagram Ellingham menunjukkan bahwa pembentukan CO lebih difavoritkan dari pada CO<sub>2</sub> pada temperatur tinggi. CO adalah anhidrida dari asam format. Oleh karena itu, adalah praktis untuk menghasilkan CO dari dehidrasi asam format. Produksi CO dalam skala laboratorium lainnya adalah dengan pemanasan campuran bubuk seng dan kalsium karbonat.



Metode laboratorium lainnya adalah dengan mereaksikan sukrosa dengan natrium hidroksida dalam sistem tertutup.

### 2.8.2. Hidrokarbon (HC)

Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa karbon yang paling sederhana. Dari namanya, senyawa hidrokarbon adalah senyawa karbon yang hanya tersusun dari atom hidrogen dan atom karbon. Dalam kehidupan sehari-hari banyak kita temui senyawa hidrokarbon, misalnya minyak tanah, bensin, gas alam, plastik dan lain-lain. Sampai saat ini telah dikenal lebih dari 2 juta senyawa hidrokarbon. Untuk mempermudah mempelajari senyawa hidrokarbon yang begitu banyak, para ahli mengolongkan hidrokarbon berdasarkan susunan atom-atom karbon dalam molekulnya. Sesuai dengan nomor golongannya (IVA), atom karbon mempunyai 4 elektron valensi. Oleh karena itu, untuk mencapai konfigurasi oktet maka atom karbon mempunyai kemampuan membentuk 4 ikatan kovalen yang relatif kuat. Atom karbon dapat membentuk ikatan antar karbon, berupa ikatan tunggal, rangkap dua atau rangkap tiga. Atom karbon mempunyai kemampuan membentuk rantai (ikatan yang panjang). Rantai karbon yang terbentuk dapat

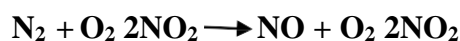


bervariasi yaitu : rantai lurus, bercabang dan melingkar ( siklik ). Dalam senyawa hidrokarbon, kedudukan atom karbon dapat dibedakan sebagai berikut :  
· Atom C primer : atom C yang mengikat langsung 1 atom C yang lain  
· Atom C sekunder : atom C yang mengikat langsung 2 atom C yang lain  
· Atom C tersier : atom C yang mengikat langsung 3 atom C yang lain  
· Atom C kuartener : atom C yang mengikat langsung 4 atom C yang lain.

Berdasarkan susunan atom karbon dalam molekulnya, senyawa karbon terbagi dalam 2 golongan besar, yaitu senyawa alifatik dan senyawa siklik. Senyawa hidrokarbon alifatik adalah senyawa karbon yang rantai C nya terbuka dan rantai C itu memungkinkan bercabang. Berdasarkan jenis ikatan antar atom karbon, senyawa hidrokarbon alifatik terbagi menjadi senyawa alifatik jenuh dan tidak jenuh. Senyawa alifatik jenuh adalah senyawa alifatik yang rantai C nya hanya berisi ikatan-ikatan tunggal saja. Golongan ini dinamakan alkana. Contoh senyawa hidrokarbon alifatik jenuh. Senyawa alifatik tak jenuh adalah senyawa alifatik yang rantai C nya terdapat ikatan rangkap dua atau rangkap tiga. Jika memiliki rangkap dua dinamakan alkena dan memiliki rangkap tiga dinamakan alkuna. Contoh senyawa hidrokarbon alifatik tak jenuh. Senyawa hidrokarbon siklik adalah senyawa karbon yang rantai C nya melingkar dan lingkaran itu mungkin juga mengikat rantai samping. Golongan ini terbagi lagi menjadi senyawa alisiklik dan aromatik. Senyawa alisiklik yaitu senyawa karbon alifatik yang membentuk rantai tertutup. Senyawa aromatik yaitu senyawa karbon yang terdiri dari 6 atom C yang membentuk rantai benzena. Hidrokarbon aromatik = senyawa hidrokarbon dengan rantai melingkar (cincin) yang mempunyai ikatan antara atom C tunggal dan rangkap secara selang-seling/bergantian (konjugasi).

### 2.8.3. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah salah satu jenis bahan pencemar udara, disamping bahan pencemar udara lain seperti debu, NH<sub>3</sub>, Pb, CO, SO<sub>2</sub>, hidrokarbon, H<sub>2</sub>S, dan lain-lain, yang secara sendiri atau bersamaan memiliki potensi membahayakan kesehatan lingkungan dan masyarakat. Di dalam atmosfer, NO<sub>x</sub> merupakan suatu kelompok gas yang terutama terdiri dari dua komponen utama yaitu gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), serta oksida- oksida nitrogen lainnya yang sangat kecil jumlahnya. NO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Secara umum proses pembentukan gas NO<sub>x</sub> ini mengikuti persamaan reaksi:

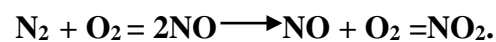


Pada suhu kamar, pembentukan NO yang dihasilkan dari reaksi antara gas oksigen dan gas nitrogen akan berlangsung sangat lambat. Berbeda dengan hal ini, pada temperatur diatas 1200°C, gas oksigen dan gas nitrogen akan bereaksi sangat cepat untuk menghasilkan nitrit oksida. Konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara pada daerah perkotaan biasanya mencapai 0,5 ppm atau 10-100 kali lebih tinggi dari pada udara di daerah pedesaan. Pencemaran NO<sub>x</sub> di udara mempunyai dampak terhadap lingkungan, baik langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung dari pencemaran udara ini adalah terjadinya hujan asam yang dapat menyebabkan berbagai kerugian dan kerusakan, baik pada tanaman, bangunan dan lain-lain. Disamping itu, polusi NO<sub>x</sub> ini dapat berdampak terhadap kesehatan manusia, seperti bronkitis dan asma. Diantara berbagai jenis oksida nitrogen yang ada di udara, nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) merupakan gas yang paling beracun. Karena

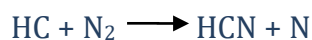
larutan  $\text{NO}_2$  dalam air yang lebih rendah dibandingkan dengan  $\text{SO}_2$ , maka  $\text{NO}_2$  akan dapat menembus ke dalam saluran pernafasan lebih dalam. Bagian dari saluran yang pertama kali dipengaruhi adalah membran mukosa dan jaringan paru. Organ lain yang dapat dicapai oleh  $\text{NO}_2$  dari paru adalah melalui aliran darah. Karena data epidemiologi tentang resiko pengaruh  $\text{NO}_2$  terhadap kesehatan manusia sampai saat ini belum lengkap, maka evaluasinya banyak didasarkan pada hasil studi eksperimental. Berdasarkan studi menggunakan binatang percobaan, pengaruh yang membahayakan seperti misalnya meningkatnya kepekaan terhadap radang saluran pernafasan, dapat terjadi setelah mendapat pajanan sebesar  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar  $\text{NO}_2$  sebesar  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat. Emisi nitrogen oksides ( $\text{NO}_x$ ) terbentuk dari oksidasi molekul nitrogen yang ada pada proses pembakaran dan bahan bakar, terdiri dari 95%  $\text{NO}$  dan 5%  $\text{NO}_2$ . Pembentukan  $\text{NO}_x$  ini disebabkan oleh tiga kondisi yaitu :

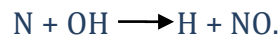
1. Mekanisme Thermal  $\text{NO}_x$  terbentuk dikarenakan nitrogen yang beroksidasi dengan oksigen pada suhu tinggi di dalam ruang bakar, sekitar  $>1800\text{oK}$ .



2. Mekanisme Prompt  $\text{NO}_x$  terbentuk dikarenakan molekul nitrogen bereaksi dengan hidrokarbon radikal membentuk hydrogen sianida dan atom nitrogen.



Atom nitrogen bereaksi dengan molekul yang mengandung hidroksyl sehingga membentuk NO dan H.



3. Fuel NO<sub>x</sub> Nitrogen yang terkandung dalam bahan bakar dikonversikan menjadi hydrogen sianida dan bereaksi dengan NH<sub>x</sub> sehingga terbentuk NO<sub>x</sub>.

Proses ini tergantung pada kandungan yang ada pada bahan bakar. Fuel – N HCN NH<sub>x</sub> NO Penurunan kadar nitrogen dalam bahan bakar akan secara otomatis mengurangi pembentukan emisi NO<sub>x</sub>. Karena tidak mudah untuk mengurangi begitu saja nilai nitrogen dalam bahan bakar, karenanya alternatif lain adalah penggunaan bahan bakar metanol yang bebas nitrogen (Septifan, 2010).

## 2.9 Rumus Emisi Gas Buang

### a Rumus mencari rata-rata mencari nilai emisi gas buang

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{jumlah nilai}}{\text{banyaknya data}}$$

### b Rumus persentase emisi

$$\text{Persentase emisi} = \frac{\text{rata-rata emisi dengan katalis}}{\text{rata-rata emisi tanpa katalis}} \times 100\%$$

### c Rumus persentase penurunan emisi

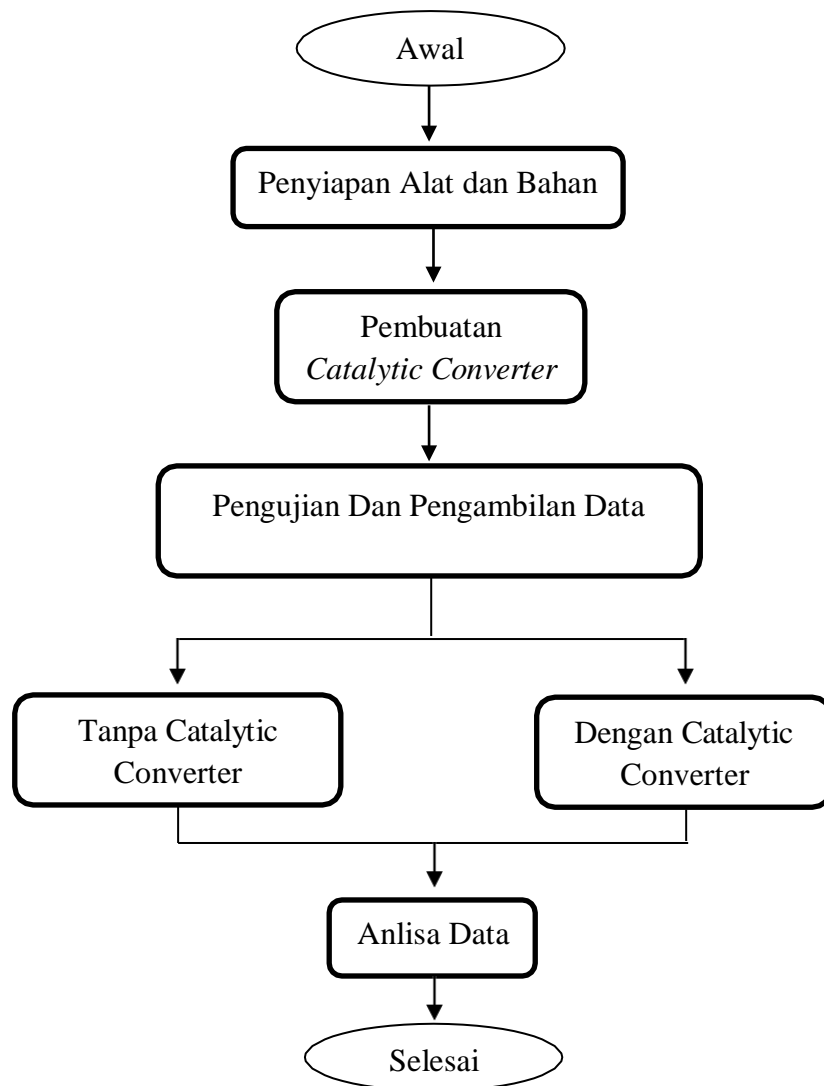
$\text{persentase penurunan emisi} = 100\% - \text{persentase emisi (\%)} \text{ (sumber, sudaryono:2011)}$

## BAB 3 METODELOGI

### PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir

Dalam penelitian *catalytic converter* dapat beberapa tahapan yang dilakukan, berikut adalah diagram alir kerangka dalam penelitian.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian *Catalytic Converter*.

## 3.2 Tempat dan Waktu

### 3.2.1 Tempat

*Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl.*

*Kapten Muctar Basri.*

### 3.2.2 Waktu

*Mulai dari bulan Maret 2018 sampai bulan Agustus 2018.*

*Tabel 3.1 Jadwal Penelitian*

NO Kegiatan	Bulan							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Pengajuan Judul								
2. Studi Literatur								
3. Penyiapan Alat dan bahan								
4. Pembuatan <i>Catalytic Converter</i>								
5. Pengujian <i>Catalytic Converter</i>								
6. Penyelesaian/penulisan Skripsi								

## 3.3 Persiapan Penelitian

*Persiapan penelitian dibagi menjadi 3 yaitu instrumen penelitian, penyiapan alat-alat penelitian, dan pemeriksaan mesin uji.*

### 3.3.1. Penyiapan Alat-alat dan Bahan Penelitian

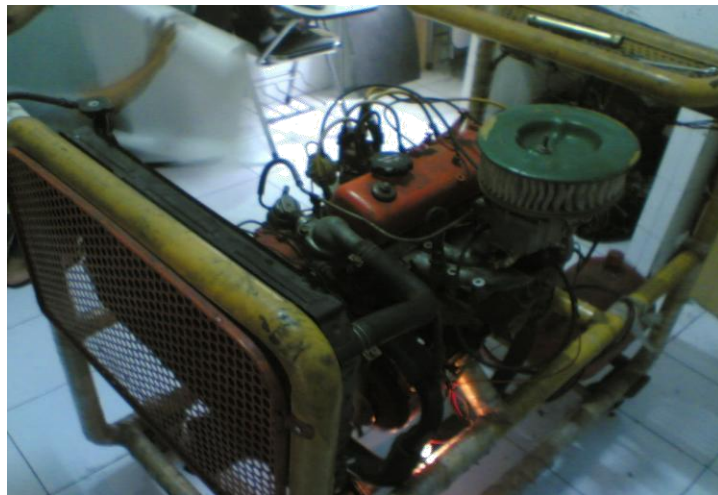
*Alat-alat pengujian yang digunakan terdiri dari beberapa alat antara lain :*

#### 1. Mesin Uji

*Mesin uji yang digunakan adalah engine stand pada mobil dengan spesifikasi sebagai berikut*

*Merk : Toyota*

Type : 5K  
Tahun : 1999  
Volume silinder : 1450 CC  
Jumlah silinder : 4 silinder  
Bahan bakar : Bensin Sistem  
Pembakaran : Karburator



Gambar 3.2. Engine stand.

## 2. Gas Analyzer

Dalam pengujian ini menggunakan Gas Analyzer, dapat dilihat pada gambar dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk/Type : Qrotech  
Measuring Item : CO, HC, CO<sub>2</sub>, Lamda, AFR, Nox  
Measuring Range : CO = 0.00-9.99 %  
HC = 0-9999 ppm  
CO<sub>2</sub> = 0 0-20.0 %

$$O_2 = 0.0-25.0\%$$

$$\lambda = 0.000-2.000$$

*Fuel Type* : Gasoline , LPG, CNG, Alcohol Hcv and  
Ocv conversation.

*Warming Uptime* : About 2 – 8 minutes.

*Power Source* : AC 110 Volt or AC 220 Volt  $\pm$  10% 60 Hz.



Gambar 3.3. *Emission analyzer.*

### 3. *Probe*

Sebagai alat untuk memasukkan ke dalam knalpot untuk menghubungkan ke gas analyzer seperti pada gambar 3.4 di bawah ini :



Gambar 3.4. *Probe*



#### 4. Digital Tachometer

Digital tachometer merek Krisbow KW06-302 dengan 5 digit display dan akurasi 0,05% + 1 digit digunakan untuk mengetahui putaran mesin pada tiap perubahan variasi putaran dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini :



Gambar 3.5. Digital Tachometer

#### 5. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk menentukan waktu yang digunakan pada tiap pengambilan data. Alat tersebut dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini :



Gambar 3.6. Stopwatch

### 3.4 Proses Pembuatan

#### 3.4.1 Chassing

*Chassing* merupakan bagian luar dari *catalytic converter* yang dibuat berbentuk tabung elips dan dibuat dari plat *stainless steel* dengan tujuan agar dapat terhindar dari korosi.

*Chassing* dibuat memiliki penutup yang dapat dibuka dan ditutup dengan baut hal tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam penambahan jumlah substrat serta penggantian katalis.

#### 1. Exhaust Muffler Catalytic

Sebagai alat untuk menghubungkan ke gas analyzer seperti gambar 3.7 di bawah ini :

*Fitur umum:*

MODEL : *Mortech-6010510264*

Tahan air : *Kedap air*

Berat (Kg) : *4,3 Kg*



Gambar 3.7. *catalytic converter*

## 2. *Exhaust Muffler Standar*

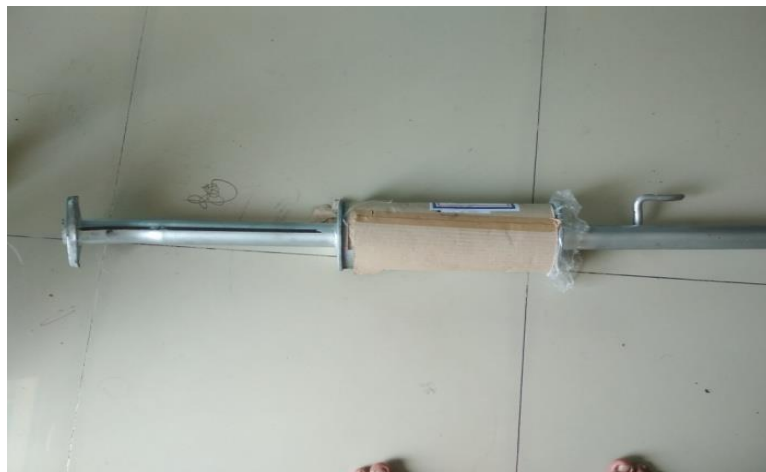
*Sebagai alat untuk menghubungkan ke gas analyzer seperti gambar 3.8 di bawah ini:*

*Fitur umum:*

*SKU : SG7580TAA64AQIANID-13702964*

*Model : Morteck-6010510264*

*Berat (Kg) : 4 Kg*



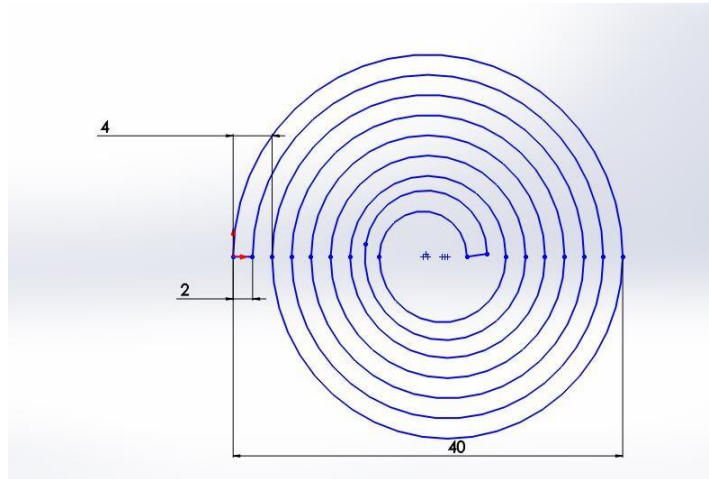
Gambar 3.8. *Exhaust Muffler Standar*

### 3.5 Proses Persiapan

*Proses persiapan yang dilakukan antara lain:*

#### *a. Desain Catalytic Converter berbentuk spiral*

Perancangan *Catalytic Converter* berbentuk *spiral* untuk katalis ini disesuaikan dengan lebar diameter *Catalytic Converter* berbentuk *spiral* seperti gambar 3.9 dan 3.10 dibawah ini.

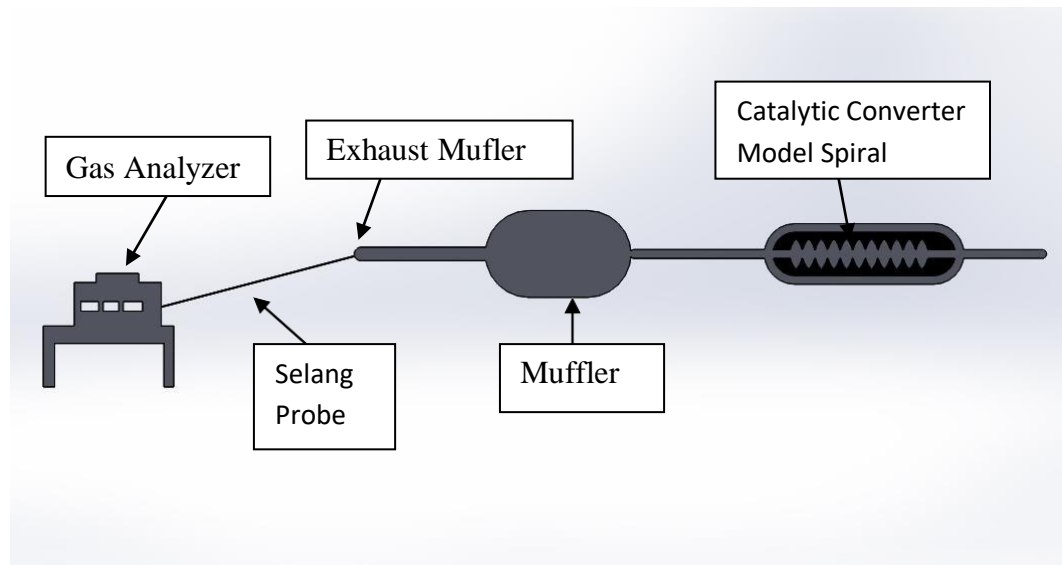


Gambar 3.9. Ukuran bentuk spiral



Gambar 3.10. Stainless steel berbentuk spiral

### 3.6 Prosedur Pengujian



Gambar 3.11. *Set up* pengujian

*Pada pengujian ini melakukan uji emisi gas buang kendaraan bermotor dengan variasi jenis knalpot berbahan bakar premium. Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut :*

1. Menyiapkan semua peralatan dan bahan yang akan di uji
2. Pasangkan kabel power pada gas *analyzer*
3. Pasangkan selang *probe* ke *probe*
4. Pasangkan selang *probe* ke emisi gas *analyzer*
5. Tekan tombol *on* untuk menyalakan gas *analyzer*
6. Tunggu hingga beberapa menit hingga status alat *ready*
7. Hidupkan mesin sepeda motor
8. Setelah itu Pasangkan *probe* ke knalpot
9. Tekan tombol *meas* untuk memulai
10. Setelah itu knalpot diuji dengan 2000, 3000 dan 4000 rpm.

11. Tunggu hingga 2 menit
12. Tekan 3 kali untuk *hold* print hasil pengetasan
13. Sesudah selesai lepaskan *probe* dari knalpot
14. Matikan mesin sepeda motor
15. Tekan tombol *off*
16. Rapihan semua peralatan
17. Selesai.

### 3.7 Langkah-langkah kerja

*Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut :*

#### 1. Mulai

*Pembuatan tugas akhir dengan judul "Uji emisi gas buang kendaraan roda 4 dengan variasi jenis knalpot berbahan bakar premium"*

#### 2. Persiapan Alat dan Bahan

- Bahan yang digunakan saat pengujian adalah premium dan knalpot.
- Persiapan *stopwatch* untuk menghitung waktu saat pengujian berlangsung.
- Mempersiapkan tempat untuk melakukan pengujian emisi gas buang.

#### 3. Metode Pengujian

*Metode pengujian yang dilakukan meliputi hasil emisi gas buang. Dimana, proses pengujian emisi gas buang yaitu dengan menghidupkan alat emisi gas buang dan tunggu sampai alat tersebut ready. Kemudian ketika alat sudah ready, pengujian dapat dimulai dengan waktu beberapa menit. Maka akan di dapat nilai-nilai emisi gas buang.*

#### 4. Pengambilan Data

*Data yang diambil adalah:*

- a. Nilai *CO*
- b. Nilai *HC*
- c. Nilai *CO<sub>2</sub>*

#### 5. Analisa dan Perhitungan Data Hasil Pengujian

*Untuk mendapatkan nilai emisi gas buang pada knalpot standar dan knalpot catalytic berbahan bakar premium.*

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian, adapun data yang di ambil dari hasil pengujian ini yang sesuai dengan pembahasan dari tujuan pengujian tugas akhir adalah sebagai berikut:

##### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Emisi Terhadap knalpot standart dan knalpot

###### *Catalytic Converter*

Hasil pengujian emisi terhadap knalpot standart dan knalpot Catalytic Converter dengan 2000, 3000, dan 4000 rpm adalah sebagai berikut :

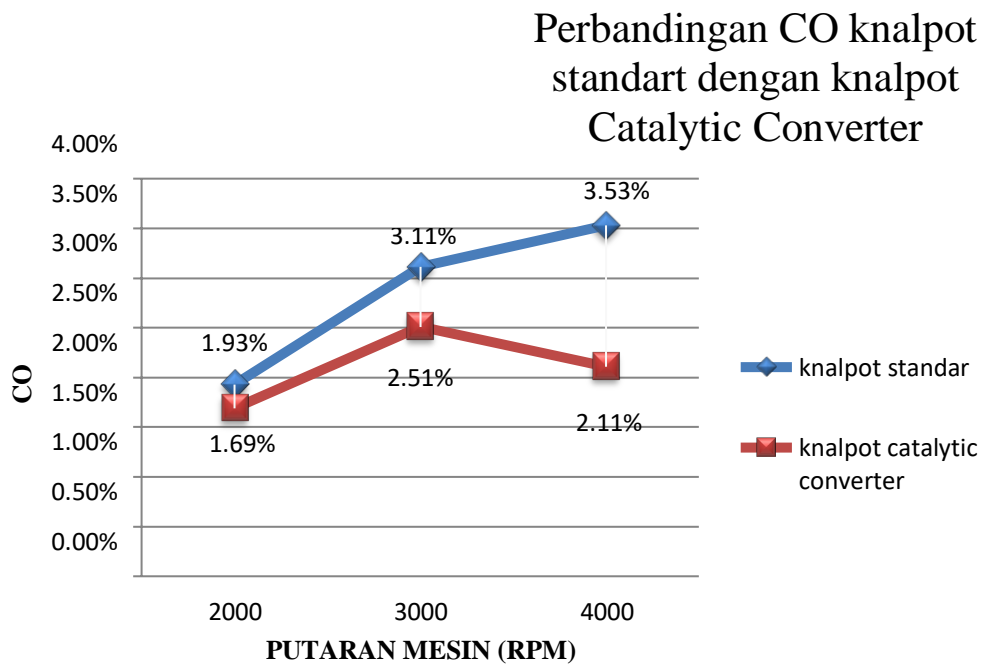
Tabel 4.1. Data rata-rata pengujian knalpot standart dan knalpot menggunakan catalytic converter

<i>RPM</i>	<i>Data Hasil Pengujian Knalpot Standar dan Catalytic Converter</i>					
	<i>Standart</i>	<i>Catalytic Converter</i>	<i>Standart</i>	<i>Catalytic Converter</i>	<i>Standart</i>	<i>Catalytic Converter</i>
	<i>CO (%)</i>		<i>HC (ppm)</i>		<i>CO<sub>2</sub> (%)</i>	
2000	1.93	1.69	677	653	12.0	9.1
3000	3.11	2.51	710	690	10.3	9.5
4000	3.53	2.11	755	679	9.6	8.6



Tabel 4.2. Perbandingan Nilai CO (%) pada knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter selama 2 menit

NO	Waktu (detik)	Putaran 2000 Rpm		Putaran 3000 Rpm		Putaran 4000 Rpm	
		Standart	Catalytic converter	standart	Catalytic Converter	Standart	Catalytic Converter
1	30	1.88	1.51	3.06	2.38	3.48	1.97
2	60	1.91	1.64	3.11	2.51	3.50	2.09
3	90	1.95	1.79	3.13	2.57	3.55	2.16
4	120	1.98	1.82	3.16	2.58	3.59	2.22



Gambar 4.1 Perbandingan grafik CO knalpot standart dan knalpot catalytic converter.

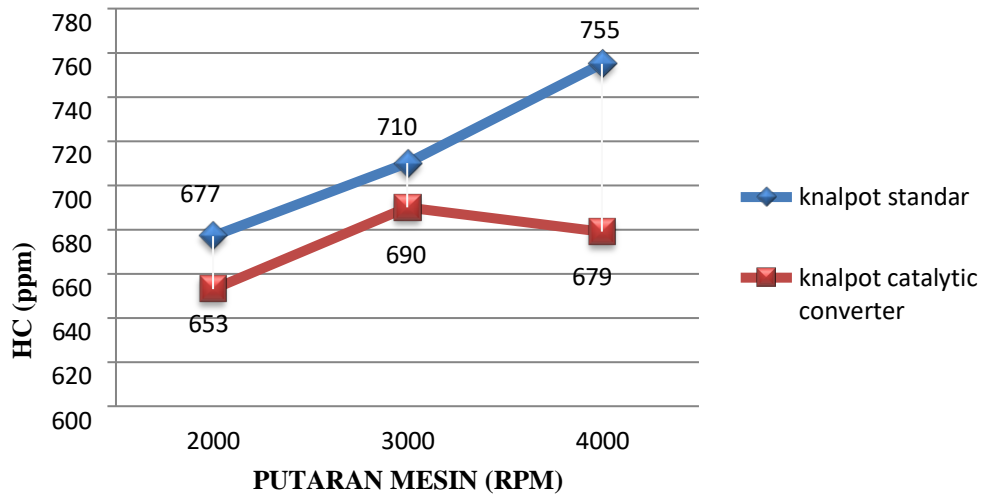
Hasil pengujian emisi gas buang CO berbahan bakar premium knalpot standart dan knalpot catalytic converter di jabarkan pada grafik berikut. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa emisi CO secara keseluruhan mengalami penurunan konsentrasi pada setiap variasi putaran. penurunan tersebut akibat dari

*pemasangan Catalytic converter dari grafik diatas terlihat bahwa penurunan CO terbesar adalah pada putaran 2000 rpm, adanya CO pada gas buang diakibatkan oleh karena pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar tidak sempurna, yang disebabkan oleh kurangnya jumlah udara dalam campuran yang masuk ke dalam ruang bakar atau bisa juga kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan waktu pembakaran.*

*Tabel 4.3. Perbandingan Nilai HC (Ppm) pada knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter selama 2 menit*

NO	Waktu (detik)	Putaran 2000 Rpm		Putaran 3000 Rpm		Putaran 4000 Rpm	
		Standart	Catalytic converter	standart	Catalytic Converter	Standart	Catalytic Converter
1	30	668	641	698	678	744	667
2	60	676	649	706	684	748	672
3	90	679	660	716	691	759	686
4	120	685	662	721	707	769	691

## Perbandingan HC knalpot standart dengan knalpot Catalytic Converter



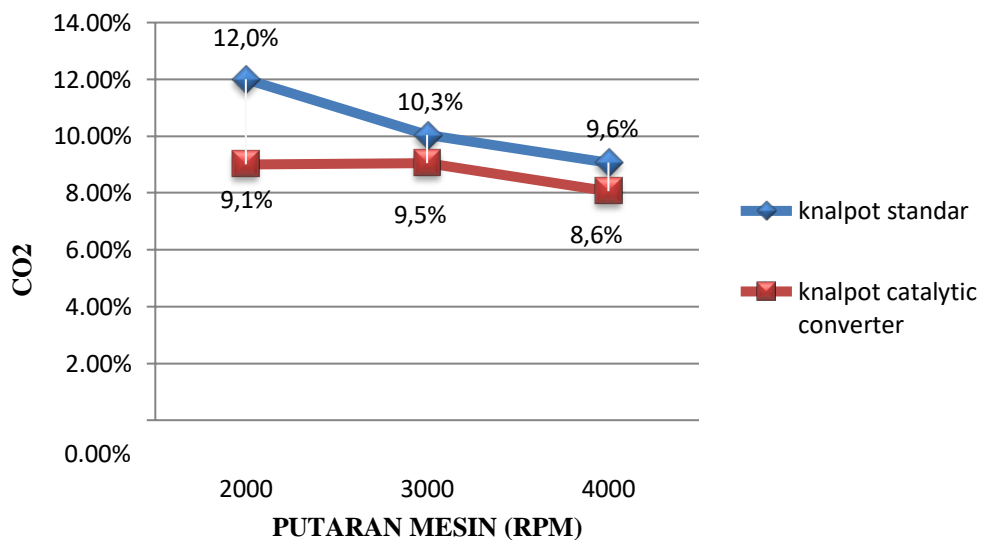
Gambar 4.2 Perbandingan grafik HC knalpot standart dan knalpot *catalytic converter*.

Hasil pengujian emisi gas buang HC berbahan bakar premium knalpot standart dan knalpot *catalytic converter* di jabarkan pada grafik berikut. Dari grafik diatas penggunaan bahan katalis sebagai *Catalytic converter* dapat mengurangi HC yang dikeluarkan dari knalpot. Dengan melihat grafik diatas menunjukkan bahwa emisi HC secara keseluruhan mengalami penurunan konsentrasi pada setiap variasi putaran yang terbukti bahwa pemasangan *Catalytic converter* pada gas buang dapat menurunkan kadar Hidrokarbon yang dihasilkan oleh motor bakar. Adanya HC disebabkan karena bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah sehingga bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang.

Tabel 4.4. Perbandingan Nilai CO<sub>2</sub> (%) pada knalpot standart dan knalpot menggunakan Catalytic Converter selama 2 menit

NO	Waktu (detik)	Putaran 2000 Rpm		Putaran 3000 Rpm		Putaran 4000 Rpm	
		Standart	Catalytic converter	standart	Catalytic Converter	Standart	Catalytic Converter
1	30	11.1	7.9	9.7	8.1	8.9	7.7
2	60	11.7	8.6	9.9	9.0	9.5	8.6
3	90	12.4	9.7	10.7	9.9	9.7	8.9
4	120	12.8	10.2	10.9	11.0	10.3	9.2

Perbandingan CO<sub>2</sub> knalpot standart dengan knalpot Catalytic Converter



Gambar 4.3 Perbandingan grafik CO<sub>2</sub> knalpot standart dan knalpot catalytic converter

Hasil pengujian emisi gas buang CO<sub>2</sub> berbahan bakar premium knalpot standart dan knalpot catalytic converter di jabarkan pada grafik berikut. Dari grafik diatas bahwa pengaruh Catalytic converter terhadap emisi CO<sub>2</sub> dapat mengoksidasi dengan baik, hal ini disebabkan karena tembaga meningkatkan luas

permukaan katalis yang mendukung, Sehingga emisi gas buang yang keluar dari knalpot lebih rendah dari pada sebelum memasuki Catalytic converter.

#### 4.1.2 Perhitungan Nilai CO, HC dan CO<sub>2</sub> Tanpa Catalytic Converter

1. Mencari nilai rata-rata CO (Putaran 2000, 3000, 4000 rpm)

$$\text{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai Nilai}}{\text{Banyaknya data}}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{1,93+3,11+3,53}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{8,57}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = 2,85\%$$

2. Mencari nilai rata-rata HC (Putaran 2000, 3000, 4000 rpm)

$$\text{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai Nilai}}{\text{Banyaknya data}}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{677+710+755}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{2142}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = 714 \text{ ppm}$$

3. Mencari nilai rata-rata CO<sub>2</sub> (Putaran 2000, 3000, 4000 rpm)

$$\text{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai Nilai}}{\text{Banyaknya data}}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{12,0+10,3+9,6}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{31,9}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = 10,63\%$$

### 4.1.3 Perhitungan Nilai CO, HC dan CO<sub>2</sub> Dengan *Catalytic Converter*

1. Mencari nilai rata-rata CO (Putaran 2000, 3000, 4000 rpm)

$$\text{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai Nilai}}{\text{banyaknya data}}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{1,69+2,51+2,11}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{631}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = 2,10\%$$

2. Mencari nilai rata-rata HC (Putaran 2000, 3000, 4000 rpm)

$$\text{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai Nilai}}{\text{banyaknya data}}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{653+690+679}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{2.022}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = 674\text{ppm}$$

3. Mencari nilai rata-rata CO<sub>2</sub> (Putaran 2000, 3000, 4000 rpm)

$$\text{rata-rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai Nilai}}{\text{banyaknya data}}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{9,1+9,5+8,6}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{27,2}{3}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = 9,06\%$$

#### 4.1.4 Perhitungan persentase emisi gas buang

##### 1. Mencari nilai persentase emisi CO

$$\text{Persentase emisi} = \frac{\text{Rata-rata emisi standart-katalis}}{\text{Rata-rata emisi standart}} \times 100 \%$$

$$\text{Persentase emisi} = \frac{2,85-2,10}{2,85} \times 100\%$$

$$\text{Persentase emisi} = 26,31$$

##### 2. Mencari nilai persentase emisi HC

$$\text{Persentase emisi} = \frac{\text{Rata-rata emisi standart- katalis}}{\text{Rata-rata emisi standart}} \times 100 \%$$

$$\text{Persentase emisi} = \frac{714-674}{714} \times 100\%$$

$$\text{Persentase emisi} = 5,60$$

##### 3. Mencari nilai persentase emisi CO<sub>2</sub>

$$\text{Persentase emisi} = \frac{\text{Rata-rata emisi Standart-katalis}}{\text{Rata-rata emisi Standart}} \times 100 \%$$

$$\text{Persentase emisi} = \frac{10,63-9,06}{10,63} \times 100\%$$

$$\text{Persentase emisi} = 14,76$$

Tabel 4.3 Nilai rata-rata emisi Gas Buang Tanpa *Catalytic Converter*

RPM	Knalpot Standart		
	CO(%)	HC(ppm)	CO <sub>2</sub> (%)
2000	1.93	677	12.0
3000	3.11	710	10.3
4000	3.53	744	9.6
<b>Rata-Rata</b>	<b>2.85</b>	<b>714</b>	<b>10.63</b>

Tabel 4.4 Nilai rata-rata emisi Gas Buang dengan *Catalytic Converter*

<b>Knalpot <i>Catalytic converter</i></b>			
RPM	CO(%)	HC(ppm)	CO <sub>2</sub> (%)
2000	1.69	653	9.1
3000	2.51	690	9.5
4000	2.11	679	8.6
<b>Rata-Rata</b>	<b>2.10</b>	<b>674</b>	<b>9.06</b>
<b>Persentase Emisi (%)</b>	<b>26.31</b>	<b>5.60</b>	<b>14.76</b>



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

*Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data yang telah dilakukan pada uji emisi gas buang dengan knalpot standar dan knalpot Catalytic converter berbahan stainless steel berbentuk spiral dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :*

1. Perbandingan CO pada knalpot standar berbahan bakar premium yang tertinggi yaitu 3.53% pada putaran mesin 4000 rpm dan yang terendah yaitu 1.93% pada putaran mesin 2000 rpm. Sedangkan pada knalpot *catalytic conveter* nilai tertinggi pada putaran 3000 yaitu 2.51% dan yang terendah pada rpm 2000 yaitu 1.69%. Perbandingan HC pada knalpot standar berbahan bakar premium yang tertinggi yaitu 755 ppm pada putaran mesin 4000 rpm dan yang terendah yaitu 677 pmm pada putaran mesin 2000 rpm. Sedangkan pada knalpot catalytic conveter nilai tertinggi pada putaran 3000 yaitu 690 ppm dan yang terendah pada rpm 2000 yaitu 653 ppm. Perbandingan CO<sub>2</sub> pada knalpot standar tertinggi yaitu putaran 2000 rpm dengan kadar emisi gas buang yaitu 12.0% dan kadar emsi gas buang CO<sub>2</sub> terendah yaitu saat putaran mesin 4000 rpm dengan kadar emisi gas buang yaitu 6.30%. sedangkan pada knalpot cataltic conveter nilai CO<sub>2</sub> tertinggi.pada putaran 3000 rpm dengan nilai 9.5% dan yang terendah pada putaran 4000 dengan nilai 8.6%.

2. Setelah melakukan penelitian dengan penggunaan *Catalytic converter* berbahan *stainless steel* berbentuk spiral dengan perbedaan tingkatan pada saluran gas buang CO, HC dan CO<sub>2</sub> dengan penurunan cukup baik.
3. Apabila semakin besar Rpm dan jarak antara lubang diperkecil maka semakin kecil lha gas yang keluar pada knalpot.

### 5.1 Saran

*Pada kesempatan ini adapun beberapa saran yang penulis harapkan adalah sebagai berikut :*

1. Semoga dalam pengujian selanjutnya dapat menggunakan *Catalytic converter* dengan bahan katalis yang lain.
2. Bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan pengujian ini agar dapat memperhatikan kondisi kendaraan.
3. Bagi kendaraan yang belum menggunakan knalpot *Catalytic converter* agar menggunakan knalpot *catalytic conveter* untuk mengurangi pencemaran udara. Pada setiap pengujian pada kendaraan roda empat diharapkan memiliki kendaraan tersebut.
4. Diharapkan bagi seluruh mahasiswa yang akan melakukan pengujian emisi gas buang sebaiknya harus melengkapi alat-alat pengujian terkhusus pada kendaraan roda 4 yang terdapat di laboratorium tersendiri.

## DAFTAR PUSTAKA

Sudaryono, 2011, *Rumus Emisi gas Buang pada Kendaraan.*

Septifan, 2010, *Analisa Gas Buang Pada Kendaraan*

*Transportasi darat serta dampaknya*

*terhadap kesehatan.*

jurnal lapan.go.id/index

php/berita\_dirgantara/article/usew/67,

*Mekanisme katalis heterogen menurut*

*langmuir-hinshelwood dan rideal-eley,*

<https://www.alatuji.com>, *Putaran pada Mesin Uji Emisi Gas Buang*

spiral\_model amp blogku.com, *Perbandingan Udara dan*

*Bahan Bakar A/F atau AFR*