



**PENGARUH PENAMBAHAN KATALITIK  
KONVERTER KAWAT NIKEL DAN TEMBAGA  
BERBENTUK SARINGAN TERHADAP EMISI GAS  
BUANG MOTOR SUPRA X 125**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu  
persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi  
Pendidikan Teknik Otomotif**

**Oleh**

**Moh Miftah Fiqhi**

**NIM. 5202415015**

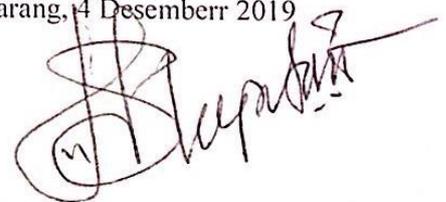
**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Moh. Miftah Fiqhi  
NIM : 5202415015  
Prodi : Pendidikan Teknik Otomotif, S1  
Judul Skripsi : PENGARUH PENAMBAHAN KATALITIK  
KONVERTER KAWAT NIKEL DAN TEMBAGA  
BERBENTUK SARINGAN TERHADAP EMISI GAS  
BUANG MOTOR SUPRA X 125

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 4 Desember 2019



Dr. Dr. Suprpto M.Pd.

NIP. 195508091982031002

## PENGESAHAN

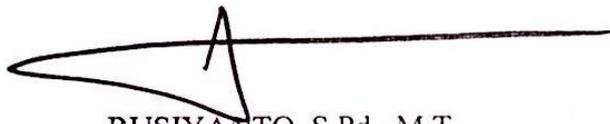
Skripsi dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN KATALITIK KONVERTER KAWAT NIKEL DAN TEMBAGA BERBENTUK SARINGAN TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR SUPRA X 125” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal        bulan        tahun

Oleh:

Nama                               : Moh. Miftah Fiqhi  
NIM                                 : 5202415015  
Program Studi                 : Pendidikan Teknik Otomotif, S1

Panitia:

Ketua



RUSIYANTO, S.Pd., M.T.

NIP. 197403211999031002

Sekretaris



Wahyudi, S.Pd., M.Eng.

NIP. 198003192005011001

Penguji 1



Dr. Abdurrahman, M.Pd.

NIP. 19800903198503102

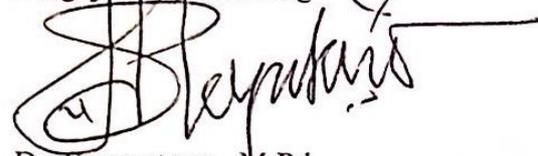
Penguji 2



Adhetya Kurniwan, S.Pd.,  
M.Pd.

NIP. 198505172014041001

Penguji 3/Pembimbing



Dr. Suprpto, M.Pd.

NIP. 19550809198203102

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Wahyudi, M.T. IPM

NIP. 196911301994031001

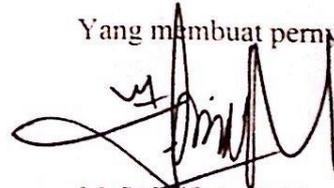
## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademi berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Semarang, 4 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,



Moh. Miftah Fiqhi

NIM. 5202415015

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

Jadilah orang *multi talent* agar bisa melakukan sesuatu walaupun itu hanya sedikit karena itu akan berguna.

Berusaha menjadi pribadi yang setiap harinya bisa memperbaiki diri walaupun itu kecil.

Lebih baik menjadi kepala kucing dari pada menjadi ekor macan.

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan khususnya untuk kedua orang tua saya, adik saya, serta Bapak Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif.

## RINGKASAN

Fiqhi, Moh Miftah. 2020. Pengaruh Penambahan Katalitik Konverter Kawat Nikel dan Kawat Tembaga Berbentuk Saringan Terhadap Emisi Gas Buang Motor Supra X 125

Bahan bakar mineral cair merupakan bahan bakar yang digunakan untuk menghidupkan mesin. Bahan bakar yang terbakar secara sempurna menghasilkan emisi gas buang karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), jika pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan gas seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ). Gas tersebut berbahaya bagi kesehatan dan membuat polusi udara yang berbahaya bagi lingkungan.

Tujuan penelitian ini untuk menurunkan kadar CO dan HC pada kendaraan. Katalitik konverter adalah suatu unit untuk menurunkan gas beracun dengan pemberian katalis pada saluran gas buang. Katalis yang digunakan yaitu bahan kawat nikel dan tembaga yang dipasang pada motor Supra X 125.

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan emisi gas buang. Penggunaan paling baik pada 20 lapis katalis pada tiap RPM dengan penurunan paling tinggi CO pada RPM 2000 sebanyak 60% dan HC pada RPM 1800 sebanyak 68%. Penurunan terendah pada 12 lapis katalis pada tiap RPM, CO terendah sebanyak 9,8% pada RPM 1500, dan HC pada RPM 2000 sebanyak 15,6%. Saran dari penelitian ini adalah jika digunakan untuk keperluan harian sebaiknya menggunakan katalis yang 20 lapis. Perlu ada pengujian lagi pada katalis dengan jumlah yang lebih banyak atau bentuk dari katalis.

**Kata kunci:** Emisi gas, katalitik konverter, katalis, CO, HC.

## **PRAKATA**

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan ramat dan hidayah-Nya sehingga pada penulisan proposal skripsi yang judul “Pengaruh Penambahan Katalitik Converter Kawat Nikel Dan Tembaga Berbentuk Saringan Terhadap Emisi Gas Buang Motor Supra X 125” dapat diselesaikan dengan baik dan tanpa suatu halangan apapun.

Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang In Shaa Allah akan memberikan Syafa’atnya di yaumul kiyamah nanti.

Pada kesempatan kali ini penulis juga memberikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang bersangkutan yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan proposal skripsi ini, diantaranya:

1. Drs. Nur Qudus MT., selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Orang tua yang memotivasi serta memberi semangat dalam menyusun Skripsi ini.
3. Bapak Rusiyanto ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
4. Wahyudi S.Pd., M.Eng., selaku Ketua Prodi Pendidikan Teknik Otomotif S1.
5. Drs. Suprpto, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan Proposal Skripsi ini.
6. Dr. Abdurrahman M.Pd., selaku Dosen Penguji 1 dan Adhetya Kurniawan, S.Pd, M.Pd selaku Dosen Penguji 2

7. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ilmu dan bimbingan.
8. Orang tua yang telah memberi dukungan dan motivasi untuk terselesainya karya tulis ini.
9. Berbagai pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan karya tulis ini.

Semoga bantuan yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Pada penulisan skripsi tidak luput dari ketidak sempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran kepada penulis terima dengan senang hati. Semoga dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Semarang, 4 Desember 2019

Moh. Miftah Fiqhi

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
RINGKASAN .....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	4
1.3. Pembatasan Masalah .....	5
1.4. Rumusan Masalah .....	6
1.5. Tujuan.....	6
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKAN DAN LANDASAN TEORI.....	8
2.1. Kajian Pustaka .....	8
2.2. Landasan Teori .....	10
2.3. Kerangka Pikir Penelitian.....	28
2.4. Hipotesis Penelitian .....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	31
3.2. Desain Penelitian .....	31
3.3. Alat dan Bahan Penelitian .....	37
3.4. Parameter Penelitian .....	40
3.5. Teknik Pengumpulan Data .....	40
3.6. Kalibrasi Instrumen .....	43
3.7. Teknik Analisis Data .....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45

4.1. Deskripsi Data .....	45
4.2. Analisis Data .....	46
4.3. Pembahasan .....	53
BAB V PENUTUP .....	58
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	60
Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing .....	63

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1.1 Ambang Batas Bagi Kesehatan .....	2
Tabel 1.2 Standar Kualitas Udara .....	2
Tabel 3.1 Parameter Emisi Gas Buang Sepeda Motor .....	39
Tabel 3.2 Pengujian Emisi CO .....	42
Tabel 3.3 Pengujian Emisi HC .....	42
Tabel 4.1 Kesehatan Kadar CO (%) .....	45
Tabel 4.2 Kesehatan Kadar HC (ppm) .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Proses Pembakaran 4 Langkah.....	12
Gambar 2.2 Saluran Buang Kendaraan Bermotor.....	22
Gambar 2.3 <i>Two-Way Catalytic Converter</i> .....	23
Gambar 2.4 <i>Three-Way Catalytic Converter</i> .....	24
Gambar 2.5 Katalitik Konverter.....	25
Gambar 2.6 Pembentukan Molekul.....	26
Gambar 2.7 <i>Exhaust Gas Analyzer</i> .....	28
Gambar 2.8 Kerangka Pikir Penelitian.....	30
Gambar 3.1 Tutup Katalitik Konverter .....	33
Gambar 3.2 Wadah atau <i>Cover Katalis</i> .....	33
Gambar 3.3 Katalis.....	34
Gambar 3.4 Skema Peralatan Uji .....	35
Gambar 3.5 Diagram Alur Penelitian.....	35
Gambar 4.1 Grafik Kadar CO Emisi Gas Buang .....	46
Gambar 4.2 Grafik Kadar CO (%) Pada 1500 rpm.....	47
Gambar 4.3 Grafik Kadar CO (%) Pada 1800 rpm.....	48
Gambar 4.4 Grafik Kadar CO (%) Pada 2000 rpm.....	49
Gambar 4.5 Grafik Kadar HC Emisi Gas Buang .....	50
Gambar 4.6 Grafik Kadar HC (ppm) Pada 1500 rpm .....	50
Gambar 4.7 Grafik Kadar HC (ppm) Pada 1800 rpm .....	51
Gambar 4.8 Grafik Kadar HC (ppm) Pada 2000 rpm .....	52

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang sudah semakin maju baik dari komunikasi dan transportasi dibandingkan dengan yang terdahulu. Perkembangan teknologi tersebut sangat membantu untuk kegiatan sehari-hari masyarakat di Indonesia. Perkembangan teknologi transportasi khususnya pada bidang otomotif sudah semakin pesat. Dari tahun ke tahun jumlah kendaraan bermotor di Indonesia semakin meningkat pada 2015 jumlah kendaraan bermotor tercatat oleh Badan Pusat Statistik (BPS) berjumlah 121.394.185 unit. Data tersebut diambil dari pendaftaran registrasi kendaraan yang masuk. Jika dihitung dari tahun ke tahunnya jumlah kendaraan bermotor meningkat sebesar kurang lebih 10-15% (BPS, 2017) dalam (Pangestu et al., 2018: 2923).

Kendaraan-kendaraan yang menggunakan mesin konvensional atau kendaraan yang menggunakan mesin dengan sistem karburator sudah banyak ditinggalkan dan masyarakat Indonesia sekarang sudah banyak yang beralih menggunakan mesin dengan sistem *Electronic Fuel Injection* atau EFI baik pada mobil ataupun sepeda motor. Masyarakat Indonesia banyak yang menggunakan sepeda motor untuk membantunya sehari-hari dikarenakan sepeda motor lebih praktis digunakan daripada mobil. Bahan bakar yang dipakai untuk menghidupkan mesin sepeda motor menggunakan bahan bakar mineral cair, hasil pembakaran dari bahan bakar yang keluar dari mesin menjadi polusi udara yang dapat mengganggu lingkungan serta kesehatan manusia. Menurut Astra, (2010:

131) Bahan bakar fosil yang terbakar menghasilkan polutan yang dapat menyebabkan asap, hujan asam, pemanasan global dan perubahan iklim.

Pada konsentrasi tertentu pengaruh jika gas tersebut sering terhirup oleh manusia secara terus menerus juga sangat membahayakan kesehatan dan dapat menyebabkan kematian. Menurut Budiyono (2001: 21) Gas yang terus terkena tubuh dan terhirup manusia dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, iritasi mata dan alergi kulit sampai menyebabkan kanker paru-paru. Sumber dan standar kesehatan emisi gas buang disajikan pada tabel, adapun standar bagi kesehatan atau ambang batas bagi kesehatan sebagai berikut:

Tabel 1.1 Ambang Batas Bagi Kesehatan

Pencemar	Keterangan
Karbon dioksida (CO)	Standar kesehatan: 10 mg/m <sup>3</sup> (9 ppm)
Oksida sulfur (SO <sub>x</sub> )	Standar kesehatan: 9 ug/m <sup>3</sup> (0.03 ppm)
Partikulat matter	Standar kesehatan: 50 ug/m <sup>3</sup> selama 1 tahun; 150 ug/m <sup>3</sup>
Oksida nitrogen (NO <sub>x</sub> )	Standar kesehatan: 100 pg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm) selama 1 jam
Ozon (O <sub>3</sub> )	Standar kesehatan: 235 ug/m <sup>3</sup> (0.12 ppm) selama 1 jam

(Ismiyati et al., 2014: 244)

Standar kualitas udara disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 1.2 Standar Kualitas Udara

No.	Polutan	Batasan
1	<i>Particulate metter &lt; 10 μm</i>	150 μg/m <sup>3</sup> – 24 hr
2	<i>Carbon monoxide</i>	25 ppm (1 hour maximum)
3	<i>Nitrogen dioxide</i>	16 ppm (1 hour maximum)
4	<i>Hydrocarbon</i>	0,25 ppm – 3 hr

(Nurmaningsih, 2018: 49) dalam (Murwono, 1997 dalam Priyanto, 2005)

World Health Organization atau disebut dengan WHO mengeluarkan data bahwa kurang lebih 3 juta orang meninggal disebabkan karena polusi udara disetiap tahunnya. Selain kematian WHO juga mengeluarkan data banyak yang mengalami masalah kesehatan dalam jangka menahun akibat polusi udara yang terhirup ke dalam tubuh. Indonesia merupakan negara yang juga termasuk negara memproduksi sepertiga dari pencemaran karbondioksida (Arifin dan Sukoco, 2009: 25).

Semakin banyak jumlah pengguna kendaraan polusi akibat hasil pembakaran bahan bakar mineral cair juga semakin meningkat. Meningkatnya gas beracun CO, HC, SO<sub>2</sub> disebabkan karena meningkatnya jumlah pemakai kendaraan bermotor terutama pada kendaraan bermotor 2 tak dimana pada proses pembakarannya tidak sempurna seperti pada kendaraan bermotor 4 tak (Sumodo, 2002) dalam Mokhtar, (2014: 104). Pencegahan-pencegahan yang dilakukan untuk mengurangi tingkat pencemaran udara sudah banyak dilakukan untuk mengurangi tingkat pencemaran udara. Pada kendaraan bermotor sekarang sudah dikembangkan katalitik konverter yang salah satunya merupakan cara mengurangi pencemaran akibat hasil pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna dari kendaraan.

Katalitik konverter merupakan suatu alat yang dipasang pada knalpot atau setelah *exhaust manifold* yang berfungsi untuk menurunkan polusi dari hasil pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna sehingga ketika gas keluar dari knalpot akan lebih sempurna. Menurut Mokhtar et al., (2017: 1) Katalitik konverter adalah alat yang digunakan untuk mengurangi emisi gas buang yang tidak sempurna

pada kendaraan bermotor, bahan yang digunakan untuk dijadikan sebagai katalisnya adalah *platinum, palladium*.

Selain menggunakan bahan-bahan tersebut cara untuk mengatasi keluarnya gas buang agar menjadi lebih sempurna lagi ketika dikeluarkan ke udara bebas ada beberapa bahan yang dapat dijadikan sebagai bahan dari katalis yaitu nikel dan tembaga (E. F. Obert) dalam (Mokhtar et al., 2017: 3). Kelebihan dari katalitik yaitu bahan tersebut dapat digunakan sebagai bahan alternatif selain *platinum, palladium* logam nikel dan tembaga harganya lebih murah dibandingkan bahan tersebut serta dapat digunakan sebagai *oxidation catalyst* dan *reducing catalyst* untuk menurunkan kadar konsentrasi CO dan HC pada gas buang, kawat nikel dan tembaga mudah dibentuk sehingga lebih mudah dalam pembuatannya, kawat nikel dan tembaga mudah dicari, kawat nikel dan tembaga tahan akan karat, bentuk dari desain atau bentuk dari katalitik konverter ini sederhana dan mudah dibuat, katalitik konverter ini mudah dibersihkan dari kotoran karena katalisnya mudah lepas karena hanya ditutup menggunakan penutup yang sudah didesain menggunakan baut dan mur sebagai pengikatnya. Berdasarkan uraian dari masalah di atas, maka akan dipelajari pengaruh penambahan kawat nikel dan tembaga dalam penggunaan katalitik konverter terhadap kadar emisi gas buang pada motor Supra X 125.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dikemukakan di atas maka dapat diidentifikasi permasalahannya antara lain sebagai berikut:

- 1.2.1. Kendaraan seperti sepeda motor dalam penyalaannya masih menggunakan bahan bakar mineral cair.
- 1.2.2. Polusi yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan atau sepeda motor berbahaya bagi lingkungan dan juga kesehatan manusia.
- 1.2.3. Korban banyak yang meninggal karena polusi udara diambang batas dari data yang di keluarkan WHO.
- 1.2.4. Semakin banyak jumlah kendaraan bermotor maka polusi yang dihasilkan dari kendaraan akan semakin meningkat.
- 1.2.5. Katalitik konverter merupakan salah satu alat yang diperkirakan menurunkan polusi dari hasil pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.
- 1.2.6. Nikel dan tembaga sebagai bahan alternatif dari katalis yang harganya lebih murah.

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan penjabaran yang telah dituliskan di atas, maka penelitian yang akan dilakukan ini dibatasi pada:

- 1.3.1. Kendaraan bermotor yang dipakai adalah sepeda motor Supra X 125 tahun 2015 (motor injeksi).
- 1.3.2. Bahan bakar yang digunakan adalah pertamax yang memiliki nilai oktan 92.
- 1.3.3. Katalis yang akan digunakan pada penelitian adalah kawat nikel dan tembaga yang dibuat saringan.
- 1.3.4. Kadar emisi yang diteliti pada penelitian ini adalah gas karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC).

#### **1.4. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijabarkan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah, apakah ada pengaruh yang ditimbulkan dari penambahan katalitik konverter kawat tembaga dan kawat nikel terhadap emisi gas CO dan HC pada motor Supra X 125?

#### **1.5. Tujuan**

Berdasarkan penjabaran rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah, untuk mengetahui pengaruh dari penambahan katalitik konverter menggunakan kawat nikel dan tembaga terhadap emisi gas buang yaitu karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) pada sepeda motor Supra X 125.

#### **1.6. Manfaat Penelitian**

Pada kegiatan penelitian ini diharapkan peneliti dapat memberikan manfaat, adapun manfaat yang diberikan antara lain:

##### 1.6.1. Manfaat teoritis

Adapun dari manfaat secara teoritis sebagai berikut:

1.6.1.1. Menambah ilmu pengetahuan tentang pengendalian emisi gas buang untuk hidup sehat.

1.6.1.2. Memberi informasi tentang bahan yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan sepeda motor yang ditambahi katalitik konverter.

### 1.6.2. Manfaat praktis

Manfaat praktis yang didapat pada penelitian ini adalah menghasilkan produk atau alat yang dapat menurunkan emisi gas buang dengan menambahkan katalitik konverter berbahan kawat tembaga dan nikel

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Kajian Pustaka**

Dalam melakukan sebuah penelitian dibutuhkan sumber-sumber yang mendukung agar ketika penelitian itu sudah berjalan tidak menemukan sebuah kesulitan dalam penyusunannya. Sumber-sumber tersebut bisa didapat dari penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan ataupun teori-teori yang mendukung untuk dijadikan sebagai landasan dalam sebuah penelitian yang akan dilakukan. Adapun sumber-sumber tersebut antara lain:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mokhtar, (2014: 108) dengan penelitian yang berjudul “*Catalytic Converter* Jenis Katalis Plat Tembaga Berbentuk Sarang Lebah Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor”. Dalam penelitian yang dilakukan, peneliti menggunakan bahan katalis yang tidak biasanya dipakai pada kendaraan-kendaraan pada umumnya yaitu *palladium* dan *platinum* untuk menurunkan gas buang dari kendaraan. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa gas CO dan HC mengalami penurunan sebesar 41,85% dan 29,16%, serta pada gas CO<sub>2</sub> juga mengalami penurunan sebesar 12,88%. Penurunan tersebut juga dapat ditandai dengan kenaikan temperatur akibat pembakaran lanjut dari gas buang tersebut, kenaikan temperatur sebesar 23,12%. Kenaikan temperatur dapat membantu proses oksidasi dan reduksi pada katalis dapat berlangsung secara maksimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Mokhtar et al., (2017: 1) dengan penelitian yang berjudul “*Catalytic Converter* Jenis Katalis Kawat Kuningan Berbentuk

Sarang Laba-laba Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor”. Dari hasil pengujian emisi didapatkan bahwa pemakaian *catalytic converter* berbahan katalis kawat kuningan berbentuk sarang laba - laba dapat mengurangi emisi gas HC, CO dan CO<sub>2</sub> . Penurunan emisi gas buan HC dengan menggunakan katalitik konverter sebesar 15,1% sedangkan pada CO sebesar 24,24% .

Penelitian yang dilakukan oleh Mokhtar, (2012: 130) dengan penelitian yang berjudul “*Catalytic Converter* Jenis Katalis Pipa Tembaga Berlubang Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor”. Dari hasil penelitian yang dilakukan terdapat penurunan pada emisi gas buang. Pada HC mengalami penurunan 28,354%, pada CO mengalami penurunan 36,904%, dan pada CO<sub>2</sub> mengalami penurunan sebesar 49,7338%. Penurunan terjadi ketika pada knalpot dipasang katalitik konverter.

Penelitian yang dilakukan oleh Fouad et al., (2008: 65) dengan penelitian yang berjudul “Catalytic Oxidation of CO Over Synthesized Nickel Ferrite Nanoparticles from Fly Ash”. Dari penelitian tersebut menyatakan bahwa bubuk nanopartikel NiF<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dapat digunakan untuk katalis. Pada suhu 300°C dapat mengkonversi gas CO menjadi gas CO<sub>2</sub> sebesar 44% dengan melewati campuran gas CO/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> diatas sampel ferit. Bubuk NiF<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan panjang 2-8 nm CS dan luas permukaan relative tinggi yaitu 26-56 m<sup>2</sup>/g sangat baik untuk mengoksidasi gas CO.

Penelitian yang dilakukan oleh Sabbaghi et al., (2015: 77) dengan penelitian yang berjudul “Zr-SBA-15 Supported Ni Catalytics for lean NO<sub>x</sub> Reduction”. Dari

hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa katalitis dengan kandungan nikel 2,5% kapur mereduksi pada NO ke N<sub>2</sub>

## **2.2. Landasan Teori**

### 2.2.1. Motor bakar

#### 2.2.4.1. Pengertian

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin konversi energi, mesin ini mengubah energi panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran udara dan bahan bakar menjadi energi mekanik yang diteruskan sampai *final drive*.

Pada motor bakar dibagi menjadi dua yaitu *internal combustion* (mesin pembakaran dalam) dan *external combustion* (mesin pembakaran luar). *Internal combustion* merupakan mesin yang melakukan pembakaran di dalam ruang bakar. Campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam ruang bakar kemudian di kompresi kemudian busi memercikan bunga api kemudian campuran bahan bakar dan udara terbakar ini merupakan pembakaran yang terjadi pada mesin bensin. Sedangkan pembakaran campuran bahan bakar dan udara pada mesin diesel terjadi ketika campuran bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar kemudian dikompresi, karena pada mesin diesel mempunyai suhu ruangan yang tinggi dan kompresi yang tinggi campuran bahan bakar dan udara terbakar di ruang bakar.

*External combustion* proses pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara terjadi di luar mesin yaitu melalui dinding pemisah, salah satu contoh dari *external combustion* adalah mesin uap, semua energi yang diperlukan oleh mesin uap mula-mula meninggalkan gas pembakaran yang mempunyai temperatur tinggi.

Melalui dinding pemisah kalor tersebut kemudian berpindah kemudian masuk ke dalam fluida kerja yang terdiri dari uap atau air.

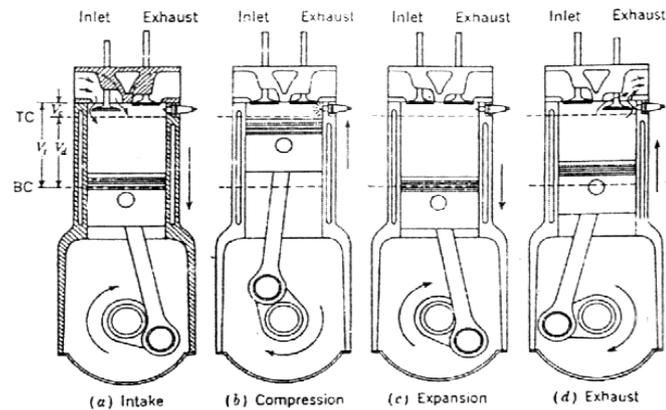
Motor bakar adalah mesin kalor. Pada mesin bensin udara dan bahan bakar yang telah tercampur kemudian menuju ke ruang bakar, di dalam ruang bakar campuran bahan bakar dan udara kemudian terbakar. Terbakarnya campuran bahan bakar dan udara menghasilkan energi termal. Energi tersebut kemudian diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan kendaraan yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar mesin itu sendiri (Simanungkalit dan Sitorus., 2013: 29).

Motor bakar juga mempunyai jenis yaitu motor 4 tak dan 2 tak. Motor 4 tak memiliki empat siklus yaitu langkah hisap, kompresi, usaha, dan buang.

Pada saat langkah kompresi, piston bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas, saat piston bergerak ke atas katup masuk mulai menutup. Ketika piston bergerak ke atas ruang bakar dimampatkan sehingga didalam ruang bakar terjadi kenaikan tekanan dan suhu pada ruang bakar juga naik seiring mengecilnya jarak dari piston ke titik mati atas.

Pada saat langkah langkah kerja, piston bergerak ke atas menuju titik mati atas. saat itulah busi memercikan bunga api sehingga campuran bahan bakar dan udara terbakar tetapi piston terus bergerak ke atas. Saat telah mencapai titik mati atas ruang bakar semakin menyempit sehingga tekanan dan suhu di dalam ruang bakar semakin tinggi dan akhirnya piston tertekan dan kembali menuju titik mati bawah dengan posisi kedua katup masih tertutup. Pada langkah pembakaran ini jumlah emisi gas buang semakin meningkat.

Pada saat piston telah mencapai titik mati bawah piston bergerak lagi ke atas. Saat bergerak ke atas posisi dari katup buang membuka. Piston kemudian mendorong gas buang ke luar ruang pembakaran.



Gambar 2.1 Siklus Proses Pembakaran 4 Langkah (Wiratmaja, 2010: 17)

Sedangkan pada motor 2 tak terjadi 2 langkah yaitu langkah hisap dan kompresi, langkah kerja dan buang.

Langkah hisap dan kompresi berlangsung ketika piston bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas. gerakan pada piston membuat tekanan pada ruang engkol yang kemudian mengalami peningkatan. Tekanan di dalam ruang engkol akan terus meningkat seiring dengan gerakan pada piston.

Langkah kerja dan buang, pada piston bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah. Sebelum piston mencapai titik mati atas, busi memercikan bunga api dan menyebabkan pembakaran di dalam ruang bakar kemudian piston terborong dari titik mati atas ke titik mati bawah. Akibat dari pergerakan piston volume pada ruang engkol mengalami penurunan. Campuran gas yang terdapat pada ruang engkol

kemudian tertekan dan mengalir menuju ruang bakar. Sementara itu, gas yang terjadi akibat proses pembakaran kemudian dialirkan ke saluran buang.

#### 2.2.4.2. Proses Pembakaran

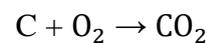
Proses pembakaran sering kali terjadi di dalam ruang bakar yang disebabkan oleh campuran bahan bakar dan udara. Campuran bahan bakar dan udara masuk ke ruang bakar melalui saluran masuk dari mesin yang kemudian campuran bahan bakar tersebut dibakar dan menghasilkan sebuah energi. Pada proses pembakaran tersebut terdapat langkah-langkah sehingga terciptanya sebuah energi yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha atau kerja, dan langkah buang.

Pada proses pembakaran juga terdapat pembakaran sempurna dan tidak sempurna. Menurut Yusuf dan Sutrisno., (2018: 236) pembakaran normal (sempurna) adalah dimana kondisi campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder atau ruang bakar dapat terbakar seluruhnya. Sedangkan pembakaran tidak normal adalah dimana campuran bahan bakar dan udara tidak dapat terbakar semua karena nyala api dari pembakaran tidak menyebar secara teratur dan merata.

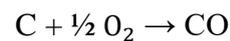
Pada pembakaran normal hasil pembakaran antara campuran bahan bakar dengan udara yang terjadi di ruang bakar akan menghasilkan karbon dioksida dan air yang tinggi. Pada saat campuran bahan bakar dan udara di kompresi tekanan pada ruang bakar meningkat sehingga suhu pada ruang bakar meningkat juga, unsur dari hidrokarbon kemudian terurai dan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan oksigen, uap air dan karbon dioksida. Jika hasil pembakaran antara campuran bahan bakar dengan udara salah satu campuran tersebut tidak terbakar secara

sempurna akan menghasilkan kadar karbon monoksida atau hidro karbon yang tinggi. Karena campuran bahan bakar dan udara tidak tercampur dengan merata, sehingga hidrokarbon tidak bisa berikatan dengan oksigen dengan sempurna.

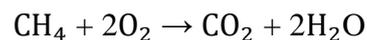
Menurut Jayanti et al., (2014: 1-2) apabila karbon terbakar dengan sempurna maka reaksi yang dihasilkan sebagai berikut:



Sedangkan ketika oksigen yang dibutuhkan dalam proses pembakaran tidak cukup maka akan menghasilkan CO seperti pada berikut:



Dalam pembakaran normal semua atom karbon dan hidrogen bereaksi sempurna dengan udara yaitu oksigen. Berikut adalah contoh pembakaran normal  $\text{CH}_4$ :



Tetapi dalam pembakaran yang tidak lengkap yaitu pembakaran yang ada kelebihan atau kekurangan oksigen contoh kelebihan oksigen:



Jadi di dalam persamaan reaksi di atas jelas ada kelebihan  $\text{O}_2$  (oksigen).

Contoh reaksi kekurangan oksigen:



Jadi di dalam persamaan reaksi di atas masih ada CO yang tidak terbakar dan keluar bersama-sama dengan gas buang (Yusuf dan Sutrisnno, 2018: 237). Pembakaran yang demikian dikenal pada kondisi stokometri, dimana unsur C bereaksi dengan unsur O<sub>2</sub> menjadi CO<sub>2</sub>, dan unsur H bereaksi dengan O<sub>2</sub> menjadi H<sub>2</sub>O.

### 2.2.2. Emisi Gas Buang

Pada kendaraan bermotor menghasilkan tenaga yang dihasilkan oleh proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar, selain menghasilkan tenaga yang nantinya akan disalurkan sampai ke *final drive* untuk menggerakkan suatu kendaraan hasil pembakaran menghasilkan juga emisi gas buang atau gas sisa pembakaran. Emisi gas buang ini dihasilkan oleh motor bakar dengan mesin pembakaran dalam atau *internal combustion* dan mesin pembakaran luar atau *external combustion*.

Emisi gas buang merupakan hasil pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara yang terbakar dan terjadi di dalam ruang bakar. Hasil pembakaran tersebut berupa gas yang kemudian gas tersebut dikeluarkan melalui katup buang setelah itu gas buang tersebut dilewatkan ke knalpot kemudian dibuang ke udara bebas. Rathore et al., (2018: 969-970) menyebutkan bahwa, emisi gas buang dari kendaraan yang terjadi kekurangan udara saat pembakaran dan tidak terbakar secara sempurna yaitu *Carbon Dioxide* (CO<sub>2</sub>), *Carbon Monoxide* (CO), *Nitrogen Oxide* (NO<sub>x</sub>), *Lead* (Pb) dan *Hydrocarbon*.

Polusi udara atau emisi gas buang yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor berasal dari pembakaran yang tidak sempurna atau tidak terbakar dengan sempurna. Kandungan yang terdapat pada gas buang antara lain CO, NO<sub>2</sub>, HC, C, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan N<sub>2</sub>. Unsur tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan kematian dan dapat mencemari lingkungan pada kadar tertentu (Jayanti et al., 2014: 1).

Kendaraan pada saat beroperasi akan mengalami proses pembakaran. Pembakaran sering terjadi tidak sempurna, sehingga akan menghasilkan polutan yang dihasilkan. Karbon monoksida serta asap kendaraan yang dikeluarkan kendaraan bermotor yang tidak sempurna terjadi karena jumlah udara pada campuran bahan bakar dan udara kurang atau waktu yang kurang pada saat menyelesaikan pembakaran (Jayanti et al., 2014: 1). Asap dari hasil pembakaran yang keluar melalui saluran keluaran atau knalpot timbul bisa dikarenakan oli masuk pada ruang pembakaran karena salah satu komponen mengalami kerusakan. Pada saat proses pembakaran oli tersebut tidak dapat terbakar dengan sempurna.

Polusi yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor dapat menyebabkan pemanasan global, hujan asam, kabut asap, bahaya pernapasan dan bahaya kesehatan lainnya akibat polusi udara tersebut. Ada undang-undang juga yang mengatur tentang standar emisi kendaraan bermotor (Choudhury dan Deo, 2014: 20).

Emisi gas buang dari hasil pembakaran yang keluar sebenarnya tidak beracun jika terjadi pembakaran yang sempurna, gas hasil pembakaran tersebut

terdiri dari  $N_2$  (nitrogen),  $CO_2$  (karbon dioksida),  $H_2O$  (uap air) dan sebagiannya. Sedangkan gas beracun yang di keluarkan dari hasil pembakaran seperti  $NO_x$ , HC dan CO (Arifin dan Sukoco, 2009: 34). Gas  $NO_x$ , HC dan CO tersebut dikarenakan karena proses pembakaran yang tidak sempurna serta jumlah kendaraan yang mulai bertambah banyak yang merupakan salah satunya mengapa polusi udara tingkatannya semakin tinggi khususnya di daerah perkotaan yang padat penduduknya.

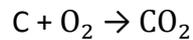
Pada motor bensin sendiri besarnya gas buang yang dikeluarkan ke udara bebas yaitu dihitung dari seberapa banyak campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam silinder dan sempurna atau tidaknya pembakaran di dalam silinder. Semakin kaya campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder maka semakin besar juga jumlah  $NO_x$ , CO, asap dan, HC sedikit menurun, serta sebaliknya apabila campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar dan terbakar (Arifin dan Sukoco, 2009: 35).

Adapun gas-gas berbahaya yang keluar dari saluran buang atau knalpot karena proses pembakaran yang tidak sempurna.

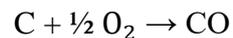
#### 2.2.2.1. CO (Karbon Monoksida)

Gas CO atau karbon monoksida merupakan gas yang dihasilkan oleh mesin motor bakar yang dikarenakan pembakaran yang terjadi tidak sempurna dan gas ini tidak berwarna dan beraroma. Menurut Febriansyah, (2014 : 3) Karbon monoksida adalah hasil pembakaran yang tidak sempurna karena pada pencampuran bahan bakar dan udara jumlah udaranya kurang.

Menurut Arifin dan Sukoco, (2009: 41) bila karbon di dalam bahan bakar terbakar habis dengan sempurna maka terjadilah reaksi sebagai berikut.



Menurut Arifin dan Sukoco, (2009: 41) di dalam proses ini, yang terjadi adalah  $\text{CO}_2$ . Apabila unsur-unsur *Oxygen* (udara) tidak cukup akan terjadi proses pembakaran tidak sempurna sehingga *Carbon* di dalam bahan bakar terbakar didalam suatu proses sebagai berikut.



Gas buang CO hasil pembakaran yang dikeluarkan dipengaruhi oleh banyaknya dari campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder dan terbakar. Jika ingin mengurangi gas CO pada kendaraan campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder dibuat kurus (*exces air*), akan tetapi jika campuran bahan bakar dan udara dibuat kurus pada gas buang HC akan meningkat dan sebaliknya (Arifin dan Sukoco, 2009: 41).

Karbon monoksida hasil pembakaran yang tidak sempurna jika terhirup manusia kemudian masuk kedalam paru-paru dan menempel pada *haemoglobin* darah maka akan membentuk *Carboxy Haemoglobin* (COHb) (Maryanto et al., 2009: 198).

Sifat dari gas CO ini adalah gas yang tidak berbau serta berwarna ini sering disebut *silent killer*. Semakin tinggi konsentrasi CO yang terhirup oleh manusia dapat mengganggu kesehatan bahkan dapat menyebabkan kematian. Jika COHb

10% ada pada tubuh maka akan mengalami gejala pusing, COHb 20% akan merasakan mual dan sesak pada pernafasan, COHb 30% konsentrasi menurun dan gangguan penglihatan, COHb 40% tidak sadar bahkan koma, apabila semakin tinggi kadar COHb pada tubuh akan menyebabkan kematian. pada jangka menengah akan menyebabkan gejala gangguan pada syaraf, *infark* otak, *infark* jantung, dan kematian bayi dalam kandungan (Maryanto et al., 2009: 199).

#### 2.2.2.2. HC ( Hidro karbon)

Hidro karbon atau HC suatu bahan kimia gabungan dari gas karbon (C) dan Hidrogen (H) sehingga berikatan dan menjadi gas hidrokarbon atau HC. Gas ini tidak berwarna jadi tidak bisa dilihat secara visual (Arifin dan Sukoco, 2009: 38).

Gas HC ini kebanyakan disebabkan oleh kendaraan bermotor dengan perentase sebanyak 57%, penyulingan minyak dan *generator power* sebanyak 43%. Pada kendaraan bermotor HC ini terjadi karena bahan bakar yang masuk tidak terbakar dan dikeluarkan langsung ke udara (Arifin dan Sukoco, 2009: 38).

Hidrokarbon merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna yang dikarenakan campuran bahan bakar dan udara tidak tercampur dengan rata saat pembakaran, oleh karena itu oksigen tidak dapat bereaksi dan terbentuklah hidrokarbon. (Febriansyah, 2014 : 3).

Menurut Arifin dan Sukoco, (2009: 43) gas buang HC dibagi menjadi 2 yaitu bahan bakar yang tidak terbakar saat proses pembakaran dan karena panas yang ditimbulkan dari ruang bakar atau mesin bahan bakar bereaksi dan berubah menjadi HC kemudian gas tersebut keluar bersama gas buang ke udara bebas.

Terbentuknya HC disebabkan oleh dinding-dinding pada ruang bakar memiliki temperatur yang rendah dan tidak mampu membakar, *missfire*, dan adanya *over lap* atau kedua katup terbuka bersama-sama jadi merupakan gas pembilas.

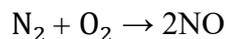
Jika HC hasil pembakaran di udara bebas pada skala yang besar dan tercampur dengan bahan yang dapat mencemari lingkungan juga, maka HC tersebut dapat meningkat sifat toksisnya dan dapat membentuk *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH). PAH dapat menyebabkan terbentuknya sel kanker pada paru-paru (Febriansyah, 2014 : 3-4).

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

NO, NO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> merupakan zat yang tidak berwarna, tidak berbau dan sukar larut dalam air, jika gas tersebut berada pada udara bebas gas tersebut akan berubah menjadi NO<sub>2</sub>. Gas NO<sub>2</sub> merupakan gas yang berwarna agak kemerahan dan juga sedikit berbau, jika larut dalam air gas ini berubah menjadi asam nitrat. Gas ini bersumber dari hasil pembakaran yang dikeluarkan oleh mobil, pabrik kimia dan gas saat mengelas (Arifin dan Sukoco, 2009: 38-39).

Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur nitrogen 80% (Siswanto et al., n.d: 77).

Menurut Arifin dan Sukoco, (2009: 43) bila terdapat unsur-unsur N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada temperatur 1800°C-2000°C akan terjadi reaksi pembentukan gas NO seperti dibawah ini:



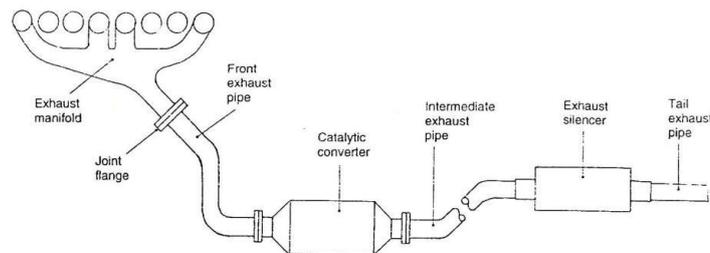
Gas NO jika keluar dari pembakaran dan berada di udara bebas gas tersebut akan berubah menjadi gas NO<sub>2</sub>. Jika pada sebuah mesin memiliki suhu 2000°C gas NO akan berubah menjadi gas NO<sub>x</sub>. Pada gas buang kendaraan bermotor NO<sub>x</sub> terdiri dari 96% NO, 3-4% NO<sub>2</sub>, dan sisanya N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan sebagainya (Arifin dan Sukoco, 2009: 43).

Gas NO<sub>2</sub> pada jika terhirup ke dalam tubuh manusia akan menyebabkan sakit hidung serta tenggorokan. Jika gas NO<sub>2</sub> terhirup dalam jumlah atau kadar yang tinggi dapat menyebabkan berbagai macam gangguan pada tubuh. Pada konsentrasi 3-5 ppm jika terhirup ke dalam tubuh dapat menyebabkan susah untuk tidur, batuk-batuk dan sebagainya. Pada konsentrasi 10-30 ppm jika terhirup ke dalam tubuh dapat menyebabkan iritasi pada hidung. Pada konsentrasi 30-50 ppm jika terhirup ke dalam tubuh dapat menyebabkan iritasi pada mata. Gas NO<sub>2</sub> juga dapat menyebabkan timbulnya *Photo Chemical Smoke* (Arifin dan Sukoco, 2009: 39).

### 2.2.3. Katalitik Konverter

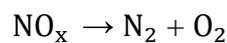
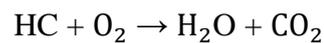
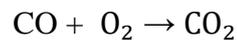
Katalitik konverter merupakan alat yang dipasang pada kendaraan bermotor atau mobil. Katalitik konverter dipasang dibagian pipa ekor atau setelah saluran buang pada *engine* atau mesin dan sebelum silinser atau *muffler* (Katara, 2016: 30). Katalitik konverter ini berfungsi untuk mengurangi emisi gas buang atau mempercepat laju reaksi sehingga menyempurnakan hasil pembakaran ketika pembakaran kurang sempurna agar tidak menambah kadar polusi yang terjadi sekarang. Alat ini sudah banyak diterapkan dan digunakan oleh perusahaan-

perusahaan otomotif di Indonesia untuk mengurangi emisi gas buang agar tidak mencemari lingkungan. Indonesia juga termasuk salah satu dengan tingkat polusi yang tinggi yang telah dilansir oleh WHO.



Gambar 2.2 Saluran Buang Kendaraan Bermotor (Heisler H, 1999) dalam  
(Mokhtar dan Wibowo, 2015: 3)

Katalitik konverter dapat mengoksidasi dan mereduksi gas berbahaya yang dikeluarkan oleh hasil pembakaran kendaraan bermotor yang tidak sempurna, adapun reaksi dari pengkonversian polutan-polutan sebagai berikut:



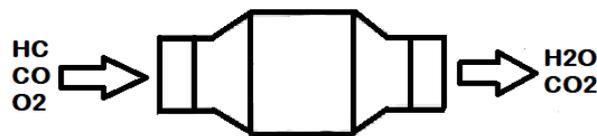
Reaksi yang terjadi pada CO dan HC adalah oksidasi atau penambahan unsur oksigen, sedangkan pada nitrogen oksida terjadi pengurangan unsur oksigen atau bisa disebut reduksi.

Katalitik konvertor sendiri memiliki beberapa tipe-tipe, adapun tipe-tipe dari katalitik konvertor antara lain:

### 2.2.3.1. Two-Way Catalytic Converter

Pada tipe katalitik konverter ini gas buang yang keluar dari ruang bakar kemudian mengalir dan melewati katalitik konverter sebelum terbuang ke udara bebas dapat diubah atau dikonversi dengan cara oksidasi dari hidrokarbon dan karbon monoksida menjadi uap air, oksigen dan karbon monoksida ketika melewati katalitik konverter.

Menurut Mukherjee et al., (2016: 310) adapun reaksi yang terjadi pada *catalytic converter* tipe *two-way catalytic converter* sebagai berikut:

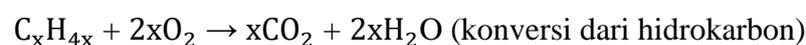


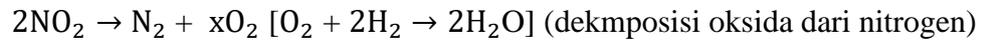
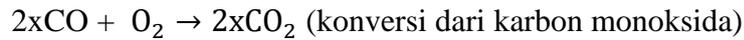
Gambar 2.3 *Two-Way Catalytic Converter*

### 2.2.3.2. Three-Way Catalytic Converter

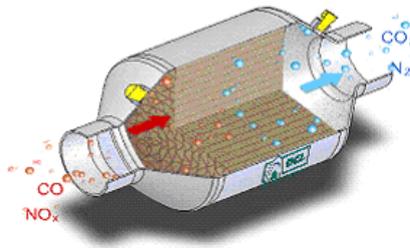
Hampir sama dengan *Two-Way Catalytic Converter* pada *Three-Way Catalytic Converter* ini selain dapat mengoksidasi juga dapat mereduksi gas nitrogen oksida pada kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Katalitik konverter ini mereduksi nitrogen oksida menjadi nitrogen dan oksigen, katalis dapat bekerja atau dapat mereduksi gas tersebut pada suhu yang sangat panas atau sangat tinggi.

Menurut Mukherjee et al., (2016: 310) adapun reaksi yang terjadi pada *catalytic converter* tipe *two-way catalytic converter* sebagai berikut:





### Three-Way Catalyst



Gambar 2.4 *Three-Way Catalytic Converter* (Mokhtar dan Wibowo, 2015: 3)

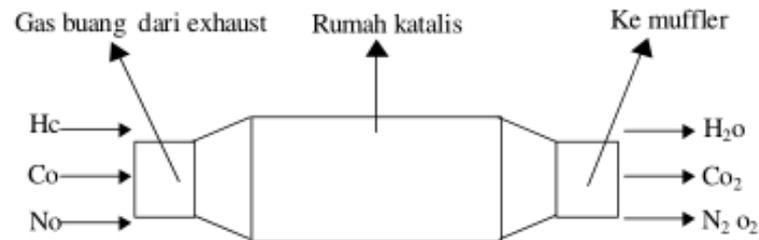
#### 2.2.4. Katalis

Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat laju reaksi gas buang pada suhu tertentu tanpa mengalami perubahannya reaksi itu sendiri. Harga dari bahan yang sering dijadikan katalis mahal, bahan yang dipakai yaitu *palladium*, *platinum*, dan *stainless steel*. (Heisler, 1995) dalam (Irawan., 2012: 412).

Proses pembakaran yang tidak sempurna menimbulkan emisi gas polutan seperti HC, CO, NO<sub>x</sub> yang dikeluarkan melalui saluran buang kendaraan bermotor, pada kenyataannya tidak mungkin pembakaran bisa sempurna 100%, maka perlu dipasang *catalytic converter* pada semua kendaraan bermotor.

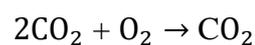
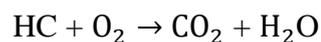
Pada saat gas buang melewati katalitik konverter emisi gas buang yang tidak sempurna mengalami proses oksidasi dan reduksi atau penambahan dan pengurangan senyawa oksigen pada temperatur yang tinggi. Gas HC, CO dan NO<sub>x</sub>

ketika melewati katalis akan berubah menjadi  $\text{CO}_2$ , senyawa air  $\text{H}_2\text{O}$ , senyawa  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$  (Gates 1992) dalam (Mokhtar dan Wibowo, 2015: 3).



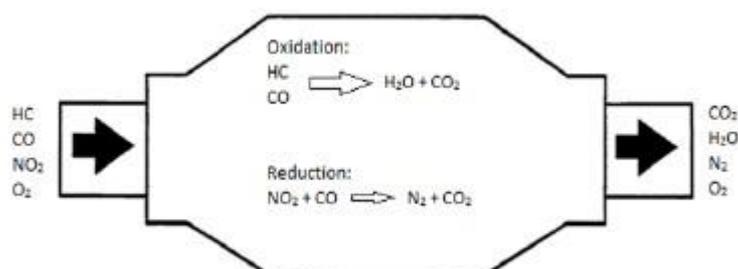
Gambar 2.5 Katalitik Konverter (Mokhtar et al., 2017: 3)

Katalis oksidasi ini mengurangi kadar hidrokarbon yang tidak terbakar dan karbon monoksida pada gas buang. Katalis ini membantu reaksi CO dan hidrokarbon dengan sisa oksigen dalam gas buang sehingga saat gas buang keluar ke udara bebas menjadi lebih sempurna. Menurut Pardiwala, et al., (2011: 2) adapun reaksinya sebagai berikut:



Ketika katalis sudah mulai panas katalis akan bekerja. Gas buang atau hasil pembakaran yang dikeluarkan melalui saluran buang molekul CO akan menempel pada katalis, pada molekul dari  $\text{O}_2$  juga menempel pada katalis. Karena panas yang ditimbulkan oleh katalis molekul dari  $\text{O}_2$  terpecah menjadi dua. Molekul  $\text{O}_2$  tersebut kemudian bergerak dan bereaksi dengan molekul CO, sehingga molekul tersebut berubah menjadi  $\text{CO}_2$  atau karbon dioksida. Molekul  $\text{CO}_2$  memiliki ikatan yang

lemah terhadap katalis sehingga molekul tersebut terlepas dari katalis dan terbang ke udara luar. Peristiwa tersebut juga terjadi ada molekul HC.



Gambar 2.6 Pembentukan Molekul (Pathak et al, 2018: 891)

Jika konsentrasi tersentuhnya gas buang pada katalis rendah maka katalis tidak akan bereaksi secara sempurna ketika katalis kotor atau katalis tertutupi oleh karbon hasil pembakaran yang dikeluarkan dari ruang bakar dan menempel pada katalis. Hasil pembuangan pembakaran dari ruang bakar tidak menyentuh katalis saat suhu katalis mulai panas sehingga tidak terjadi reaksi atau bekerja, jika terjadi reaksi itu pun akan sedikit yang terkonversi. Katalis juga akan rusak ketika suhunya terlalu tinggi dan korosi pada katalis.

Salah satu bahan logam yang efektif untuk dijadikan katalis sebagai *oxydation catalyst* yaitu tembaga dan nikel (Mokhtar dan Wibowo, 2015: 3).

#### 2.2.4.1. Tembaga (Cu)

Tembaga memiliki lambang Cu pada tabel periodik. Tembaga adalah logam yang dapat dibentuk karena logam memiliki sifat yang lunak dapat ditempa dan liat. Titik lebur pada tembaga pada suhu 1038°C. Tembaga tidak dapat larut pada asam

klorida dan asam sulfat (Svehla, 1985: 229). Logam tembaga juga dapat menghantarkan listrik dengan baik dan juga tahan terhadap korosi. Tembaga mempunyai sifat konduktor penghantar panas yang baik. Tembaga ini tidak bereaksi dengan air, melainkan bereaksi dengan oksigen dari udara. Tembaga merupakan salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai katalis, karena tembaga dapat mengoksidasi udara sebab penyerapan terhadap panas sangat baik. Semakin cepat penyerapan panas pada bahan maka semakin baik katalis bekerja.

#### 2.2.4.2. Nikel (Ni)

Nikel atau Ni adalah sebuah logam yang keras dan berwarna perak. Logam nikel ini memiliki sifat dapat ditempa, kukuh, sedikit magnetis yang baik. Pada logam nikel ini titiknyanya pada suhu 1445°C (Svehla, 1985: 280). Nikel juga memiliki sifat tahan terhadap korosi serta memiliki daya hantar listrik dan panas yang baik. Logam ini dapat dijadikan sebagai katalis karena logam nikel ini dapat mengoksidasi oksigen dan mereduksi oksigen dengan baik

#### 2.2.4.3. Karakteristik Katalis Tembaga dan Nikel

No.	Indikator Katalis	Tembaga	Nikel
1	Jenis katalis	Tembaga merupakan jenis katalis oksidasi	Nikel merupakan jenis katalis oksidasi
2	Ketahanan terhadap korosi	Tembaga tahan terhadap korosi	Nikel tahan terhadap korosi
3	Ketahanan terhadap panas yang tinggi	Tembaga tahan terhadap panas yang tinggi sampai dengan titik lebur 1038°C	Nikel tahan terhadap panas yang tinggi sampai dengan titik lebur 1445°C

4	Reaksi Oksidasi	Tembaga dapat bereaksi dengan CO dan HC	Nikel dapat bereaksi dengan CO dan HC
5	Reaksi Reduksi	Tembaga dapat bereaksi dengan NO <sub>x</sub> tetapi pada suhu yang tinggi	Nikel dapat bereaksi dengan NO <sub>x</sub> tetapi pada suhu yang tinggi

#### 2.2.5. Exhaust Gas Analyzer

*Exhaust Gas Analyzer* merupakan alat yang berfungsi untuk mengetahui kandungan emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor salah satunya kandungan dari CO dan HC. Alat ini dapat dioperasikan tanpa dihubungkan dengan komputer.



Gambar 2.7 Exhaust Gas Analyzer

### 2.3. Kerangka Pikir Penelitian

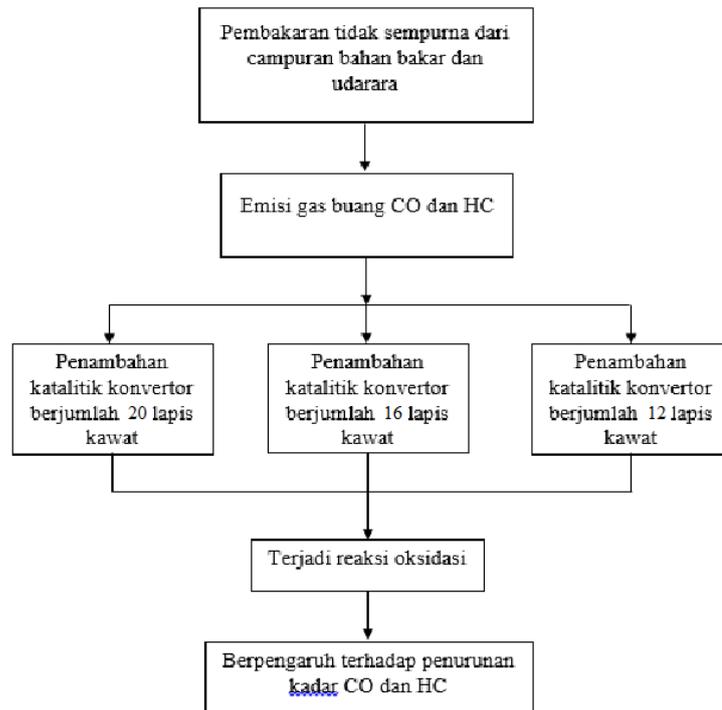
Pembakaran yang terjadi pada motor bakar menghasilkan gas polutan yang berbahaya bagi kehidupan baik itu untuk manusia dan juga lingkungan, ditambah lagi dengan hasil pembakaran yang tidak sempurna sehingga memperparah hasil pembakaran yang dihasilkan dari motor bakar. Gas polutan akibat hasil pembakaran yang tidak sempurna pada motor bakar diantaranya seperti CO, HC, dan NO<sub>x</sub>.

Terjadinya gas CO dan HC yaitu disebabkan karena kurangnya oksigen yang terjadi pada saat pembakaran serta campuran dari bahan bakar serta udara terlalu gemuk. Sedangkan terbentuknya gas NO<sub>x</sub> dikarenakan temperatur pada mesin terlalu tinggi dan campuran dari bahan bakar dan udara terlalu kurus.

Gas bahaya yang ditimbulkan oleh pembakaran yang tidak sempurna tersebut dapat ditangani salah satunya yaitu dengan katalitik konverter. Katalitik konverter merupakan alat yang digunakan untuk mempercepat laju reaksi dari hasil pembakaran motor bakar yang kurang sempurna menjadi lebih sempurna dengan mereduksi atau mengoksidasi gas tersebut dengan melewatkan gas tersebut pada katalis. Katalitik konverter yang digunakan untuk mengurangi emisi gas buang menggunakan bahan kawat tembaga dan kawat nikel.

Penambahan kawat nikel dan kawat tembaga merupakan salah satu bahan yang dapat mengoksidasi gas buang yang tidak sempurna. Bahan tersebut dapat menyerap panas dengan baik, sesuai dengan cara kerja katalis semakin cepat katalis dapat menyerap panas dan semakin panas katalis, maka gas buang yang beraksi dan keluar udara bebas akan menjadi lebih sempurna. Semakin banyak katalis yang diberi semakin baik penurunan emisi gas buangnya, karena gas emisi semakin banyak menyentuh permukaan-permukaan pada katalis dan terjadi oksidasi pada gas buang.

Penggunaan bahan tersebut bertujuan untuk mengurangi kandungan CO dan HC pada emisi gas buang yang tidak sempurna. Penelitian ini diharapkan dapat mengkonversi dan menurunkan kandungan CO dan HC pada gas buang yang tidak sempurna dengan melalui reaksi oksidasi.



Gambar 2.8 Kerangka Pikir Penelitian

#### 2.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian penelitian yang relevan dan kerangka pikir penelitian maka didapatkan hipotesis penelitian sebagai berikut:

Ada pengaruh yang ditimbulkan terhadap penurunan emisi gas buang CO dan HC terhadap penambahan katalitik konverter berbahan kawat tembaga dan kawat nikel.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **3.1.1. Waktu Penelitian**

Pada penelitian penambahan katalitik konverter menggunakan bahan kawat tembaga dan kawat nikel untuk mengurangi kadar emisi gas buang pada kendaraan sepeda motor akan dilakukan dalam jangka waktu satu bulan yang dimulai pada bulan Oktober 2019 s.d November 2019

##### **3.1.2. Tempat Penelitian**

Pada penelitian penambahan katalitik konverter menggunakan bahan kawat tembaga dan kawat nikel untuk mengurangi kadar emisi gas buang pada kendaraan sepeda motor akan dilakukan di bengkel Teknik Mesin UNNES.

#### **3.2. Desain Penelitian**

Desain penelitian merupakan prosedur yang dilakukan ketika akan melakukan suatu penelitian. Desain penelitian bermaksud untuk mengetahui hasil dari percobaan suatu alat yang akan diuji. Desain penelitian ini menggunakan metode eksperimen dalam bentuk pre eksperimental desain. Dimana ada perbedaan perlakuan yang diberikan terhadap objek penelitian untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, perbedaan tersebut dilakukan dengan membandingkan pengujian sebelum dilakukan perlakuan dengan sesudah dilakukan perlakuan.

Dikatakan penelitian pre eksperimental karena ada variabel dari luar yang ikut mempengaruhi variabel dependen. Jadi hasil dari eksperimen itu sendiri (variabel dependen) bukan semata-mata dipengaruhi dari variabel independen.

### 3.2.1. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan segala sesuatu bentuk apa saja yang diteliti seseorang untuk dipelajari berdasarkan teori-teori yang sudah ada kemudian mendapatkan sebuah hasil atau informasi kemudian disimpulkan oleh peneliti dari hasil tersebut.

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel yang digunakan untuk kelacaran penelitian yaitu variabel bebas, variabel terikat, variabel control.

#### 3.2.1.1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi suatu penelitian sehingga pada penelitian tersebut menimbulkan suatu perubahan atau variabel ini juga salah satu menjadi sebab timbulnya variabel terikat atau dependen. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan yaitu kawat tembaga dan kawat nikel sebagai katalitik konverter.

#### 3.2.1.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang disebabkan oleh adanya perubahan pada suatu atau sebab dari adanya variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya yaitu emisi CO dan HC pada gas buang yang dikeluarkan kendaraan bermotor.

#### 3.2.1.3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang mengontrol variabel bebas dan variabel terikat agar pada penelitian tidak terpengaruhi sesuatu dari luar yang diteliti oleh peneliti.

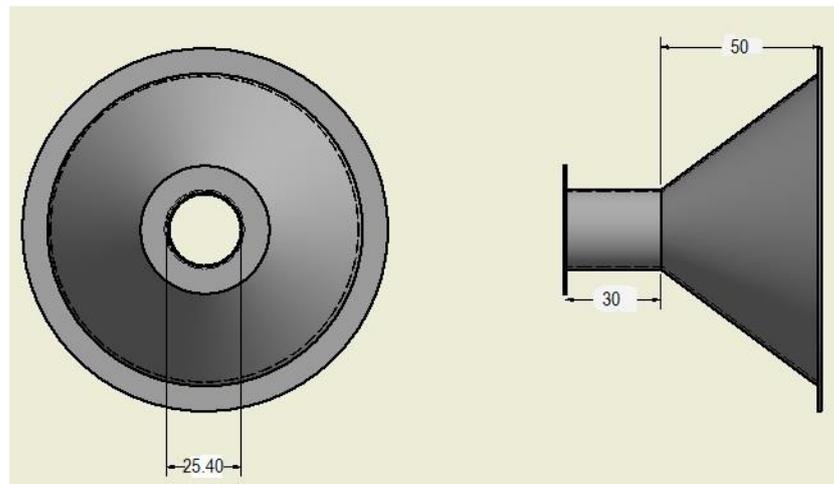
Pada penelitian ini variabel kontrolnya yaitu katalitik konverter berupa kawat tembaga dan kawat nikel yang berbentuk saringan dengan diameter ukuran kawatnya 1mm dengan jumlah 20 buah (10 buah kawat tembaga dan 10 buah kawat nikel), 16 buah (8 buah kawat tembaga dan 8 buah kawat nikel), dan 12 buah (6 buah kawat tembaga dan 6 buah kawat nikel).

### 3.2.2. Desain Katalitik Konverter

Pada penelitian ini desain pada katalitik konverternya dapat dilepas dan diganti atau dengan kata lain katalitik konverter ini dirancang tidak permanen. Tujuan dirancangnya katalitik tidak permanen ini agar jumlah kawat yang digunakan pada penelitian ini dapat diubah-ubah atau mengubah jumlah variabel kontrolnya sesuai yang sudah ditentukan dan memudahkan juga pada saat pengambilan data. Adapun desain katalitik konverternya yaitu sebagai berikut:

#### 3.2.2.1. Tutup Katalitik Konverter

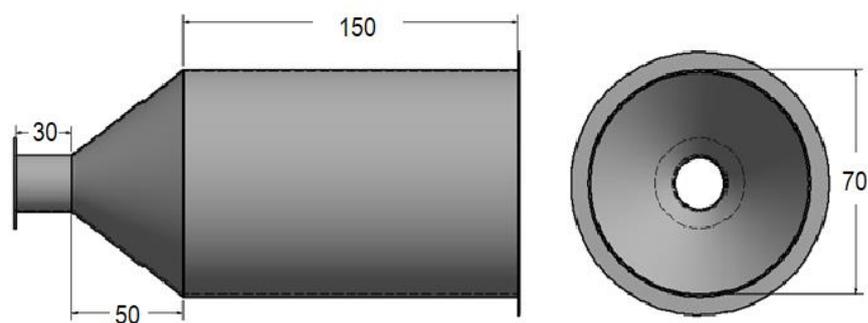
Desain tutup katalitik konverter ini dapat dilepas dan pengait dari tutup ini menggunakan baut dan mur, serta bagian ujung dari tutup katalitik konverter ini dibuat agar bisa dipasang dan dilepas dari leher angsa knalpot. Tujuan dari desain tutup katalitik konverter ini dapat dilepas adalah untuk memudahkan penggantian jumlah kawat dalam wadah katalisnya atau penggantian jumlah variabel kontrolnya.



Gambar 3.1 Tutup Katalitik Konverter

#### 3.2.2.2. Wadah Katalis (*Cover* Katalitik Konverter)

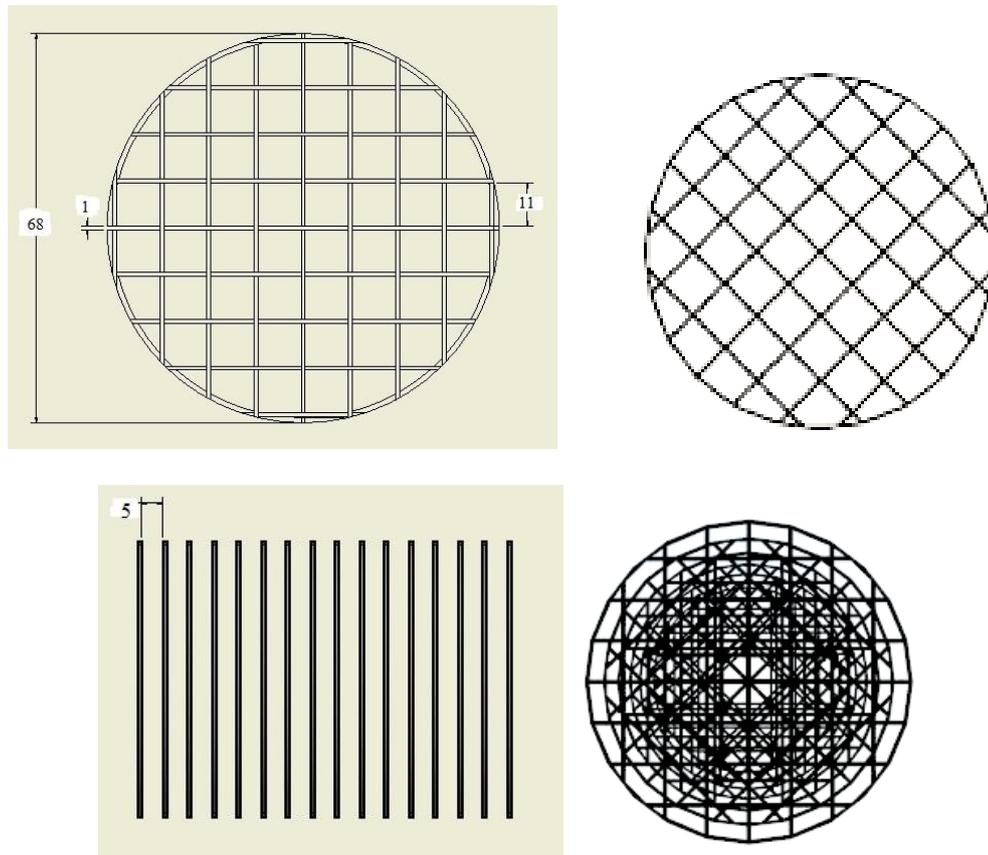
Wadah atau *cover* dari katalitik konverter ini digunakan untuk menampung jumlah katalis yang akan dipakai dalam pengujian. Wadah ini berbentuk tabung silinder dengan bagian ujung yang dapat disambung dengan tutup dari katalitik konverternya serta pada bagian ujung yang satunya juga dapat dilepas dan dipasang dengan *muffler* knalpot.



Gambar 3.2 Wadah atau *Cover* Katalis

### 3.2.2.3. Katalis

Desain dari pada katalis akan dibuat seperti anyaman dengan bentuk saringan serta akan dipasang pada wadah katalis secara melintang. Pemasangan secara melintang ini bertujuan untuk memberi titik sentuh atau gas yang akan melewati katalis ini semakin merata jika terkena katalis.



Gambar 3.3 Katalis

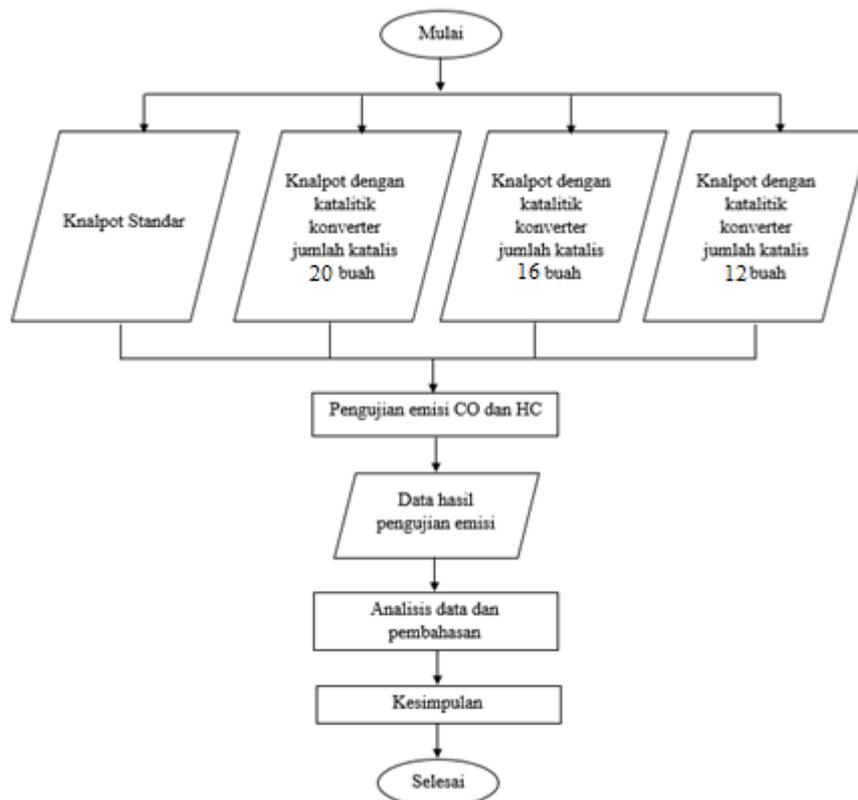
### 3.2.3. Skema Peralatan Uji

Skemara dari peralatan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Skema Peralatan Uji

### 3.2.4. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.5 Diagram Alur Penelitian

### 3.3. Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1. Alat Uji Penelitian

Alat uji penelitian merupakan alat yang digunakan peneliti untuk mengetahui hasil suatu alat yang sedang diteliti. Pada penelitian pengujian emisi gas buang ini menggunakan alat uji Stasrgas 898. Stargas 898 ini dapat mengetahui kandungan gas yang terkandung dalam emisi gas buang hasil dari pembakaran pada motor bakar. Alat ini dapat mendeteksi kandungan gas CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> yang terkandung dalam gas buang serta juga dapat mengetahui lamda, rpm dan temperatur mesin dari kendaraan yang sedang diuji. Adapun spesifikasi dari alat ini antara lain:

<i>Power</i>	: 270 V 50-60 Hz
<i>Batter</i>	: 16 V (5A)
<i>Rermote IR keyboard</i>	: 3 x AAA
<i>Max Consumption</i>	: 70 W
<i>Display</i>	: LCD 30x240
<i>Keyboad</i>	: Silicone rubber, coated
<i>Printer</i>	: Thermal bi-color (black/red, 24 colums)
<i>Serial port</i>	: COM1, COM2, RS232, RS485
<i>Video plug</i>	: VGA, (PAL or NTSC)
<i>Port COM</i>	: Ground Connection
<i>Parameter</i>	: Ambient tep -40 - +60 celcius
	: Ampbient pressure 750-1060 hPa
	: Ambient relavive hmidity 0%-100%

<i>Refresh rate</i>	: <i>20 times per second</i>
<i>Flow rate</i>	: <i>&lt;10 liter per minute</i>
<i>Working temmpérature</i>	: <i>+5 - +40</i>
<i>Features</i>	: <i>Clock, date, and time print</i>
<i>Size</i>	: <i>400 x 180 x 450 mm</i>
<i>Weight</i>	: <i>8.6 kgs</i>

Selain *gas analyzer* alat yang digunakan saat melakukan pengujian emisi gas buang adalah, *tools set*, kipas, dan multimeter digital.

### 3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan penelitian merupakan objek yang digunakan peneliti dalam proses penelitian. Pada penelitian ini menggunakan sepeda motor Supra X 125 injeksi, adapun spesifikasi dari sepeda motor ini sebagai berikut:

Panjang x Lebar X Tinggi	: 1.918 x 709 x 1.101 mm
Jarak Sumbu	: 1.235 mm
Jarak Terendah ke Tanah	: 136,5 mm
Kapasitas Tagki BB	: 106 kg
Tipe Mesin	: 4-Langkah, SOHC, Silinder Tunggal
Volume Silider	: 124.89 cc
<i>Bore X Stroke</i>	: 52,4 x 57,9 mm
Kompresi	: 9,3 : 1
Daya Maksimal	: 7,40 kW (10,1 PS) / 8000 rpm
Torsi Maksimal	: 9,3 Nm (0,95 kgf.m) / 4000 rpm
Sistem Suplai BB	: PGM-FI

Kopling	: Multiple wet Clutch with coil spring
Gigi Transmisi	: 4-Speed Manual, Rotary
Pola Gigi	: N-1-2-3-4-N
Sistem Start	: <i>Ekectric and Kick Starter</i>
Kapasitas Oli Mesin	: 0.7 liter pada pengganti periodik
Tipe Rangka	: Tulang Punggung
Tipe Suspensi Depan	: Teleskopik
Tipe Suspensi Belakang	: Lengan ayun dengan suspensi ganda
Rem Depan	: Cakram hidrolik dengan piston tunggal
Rem Belakang	: Cakram hridrolik dengan piston (CW) / Tromol (SW)
Ukuran Ban Depan	: 70/90 – 17M / C 38P
Ukuran Ban Belakang	: 89/90 – 17 M / C 44P
Tipe Pengapian	: <i>Full Transisterized</i>
Tipe Baterai	: MF 12 V, 3.0 Ah
Tipe Busi	: NGK CPR6EA-9 / ND U2DEPR9

### 3.3.3. Bahan Katalis

Bahan dari pembuatan katalitik pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 3.3.3.1. Kawat tembaga dengan tebal kawat 1mm dengan bentuk saringan dengan diameter 6,8 cm berjumlah 10 buah.
- 3.3.3.2. Kawat nikel dengan tebal kawat 1mm dengan bentuk saringan dengan diameter 6,8 cm berjumlah 10 buah.

Peletkan posisi pada lapisan katalis dengan cara selang-seling, lapisan paling depan yaitu lapisan tembaga diikuti lapisan kedua dengan lapisan nikel, lapisan ketiga lapisan tembaga dan seterusnya.

### 3.4. Parameter Penelitian

Parameter penelitian merupakan acuan atau pedoman yang digunakan peneliti sebagai pedoman dalam penelitian. Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang “Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama” dengan kategori kendaraan bermotor “L” Parameter pengendalian emisi gas buang sepeda motor sebagai berikut:

Tabel 3.1 Parameter Emisi Gas Buang Sepeda Motor

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

(Peraturan Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2006)

### 3.5. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan menguji katalitik konverter terhadap kandungan emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran sepeda motor. Pengujian ini dilakukan menggunakan knalpot standar terlebih dahulu yang kemudian akan dilanjutkan dengan knalpot menggunakan katalitik konverter. Penelitian ini menggunakan alat Stargas 898 sebagai alat pengumpulan data. Penelitian dengan knalpot yang menggunakan katalitik konverter dibagi menjadi tiga yaitu knalpot dengan katalis dengan jumlah 20 buah, katalis dengan

jumlah 16 buah, katalis dengan jumlah 12 buah. Adapun tahap dari pengumpulan data antara lain:

### 3.5.1. Tahap Persiapan Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada tahap persiapan penelitian antara lain sebagai berikut:

- a. Menyiapkan sepeda motor yang akan diuji ditempat yang datar, *tools set*, kipas, multimeter digital, dan *gas analyzer*.
- b. Hidupkan sepeda motor selama 5 menit pada putaran *idle*, kemudian naikkan putaran dari sepeda motor selama  $\pm 15$  detik kemudian kembalikan putaran sepeda motor ke keadaan *idle*.
- c. Pastikan saluran buang sepeda motor tidak mengalami kebocoran.
- d. Periksa temperatur mesin sesuai dengan suhu kerja mesin yaitu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  sampai  $80^{\circ}\text{C}$ .
- e. Periksa dan pastikan keadaan mesin sepeda motor dalam keadaan normal, jika perlu lakukan *tune up*.
- f. Siapkan alat uji *gas analyzer* stargas 898.
- g. Hidupkan kipas dan hadapkan ke mesin untuk menjaga kondisi kerja mesin agar stabil.
- h. Siapkan knalpot yang sudah ditambahi dengan katalitik konverter.

### 3.5.2. Tahap Pengujian

Prosedur yang dilakukan pada tahap pengujian knalpot standar dan knalpot dengan katalitik konverter terhadap emisi gas buang sepeda motor antara lain sebagai berikut:

- a. Mesin sepeda motor yang sudah menyala kemudian naikkan putaran mesinnya selama 1 menit setelah itu turunkan kembali ke putaran *idle*.
- b. Masukkan *probe* dari *gas analyzer* ke dalam saluran buang atau saluran knalpot sepeda motor.
- c. Pada pengujian menggunakan knalpot standar dilakukan tiga kali pada rpm 1500, 1800, dan 2000.
- d. Uji coba ini dilakukan mulai dari knalpot tanpa katalitik konverter atau knalpot standar, kemudian diulang kembali tetapi menggunakan knalpot dengan katalis dengan jumlah 20 buah, knalpot dengan katalis dengan jumlah 16 buah, dan knalpot dengan katalis dengan jumlah 12 buah.
- e. Pada tiap katalis yang dipasang knalpot dilakukan uji sebanyak tiga kali.
- f. Lakukan pengecekan tempertur dengan suhu yang sama pada setiap pengujian pada setiap knalpot dari knalpot standar sampai knalpot yang sudah ditambahi dengan katalis.

### 3.5.3. Tahap Akhir Pengujian

Prosedur yang dilakukan pada tahap akhir pengujian antara lain sebagai berikut:

- a. Mematikan *gas analyze* stargas 898.
- b. Mematikan mesin sepeda motor.
- c. Melepaskan sambungan kabel dari *gas analyzer* stargas 898.

### 3.5.4. Pengambilan Data Pengujian Emisi

Tabel 3.2 Pengujian Emisi CO

Pecobaan (RPM)	Kadar CO (%)			
	Standar	Katalis 20	Katalis 16	Katalis 12
1500				
1800				
2000				

Tabel 3.3 Pengujian Emisi HC

Pecobaan	Kadar HC (ppm)			
	Standar	Katalis 20	Katalis 16	Katalis 12
1500				
1800				
2000				

### 3.6. Kalibrasi Instrumen

Kalibrasi instrumen merupakan pengaturan alat uji sebelum digunakan dalam melakukan penelitian agar data yang diambil oleh alat yang digunakan lebih akurat dalam pengambilan data serta mengurangi kesalahan dalam pengambilan data. Alat yang digunakan pada pengambilan data pengendalian emisi adalah *Gas Analyzer Stargas 898*. Adapun tahapan yang dilakukan dalam kalibrasi instrumen sebagai berikut:

- a. Hubungkan kabel power *gas analyzer* ke sumber arus.
- b. Hidupkan unit *gas analyzer* dengan cara menekan tombol power.
- c. Setelah menyala, tunggu beberapa menit untuk proses pemanasan alat.
- d. Setelah pemanasan *gas analyzer* telah selesai, maka akan muncul tulisan “Gas Ready” pada layar.
- e. Masukkan *probe gas analyzer* ke dalam saluran buang pada knalpot.
- f. Tekan tombol “Enter” pada unit *gas analyzer*.

- g. Alat dapat digunakan untuk mendeteksi gas CO, HC, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan AFR.
- h. Keluarkan *probe gas analyzer* ke dalam saluran buang pada knalpot.
- i. Setelah itu tekan tombol “ESC”.
- j. Jika ingin membuang sisa gas pengukuran yang masuk ke alat tekan tombol “ZERO”.
- k. Tunggu dalam waktu 1 menit agar alat kembali ke keadaan semula tidak membaca atau nol.
- l. Alat siap untuk digunakan.

### **3.7. Teknik Analisis Data**

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data deskriptif. Data yang didapat dari hasil pengujian knalpot standar dan knalpot menggunakan katalitik ini kemudian dimasukkan ke dalam tabel pengujian data. Data yang dimasukkan kemudian ditampilkan dalam bentuk kalimat dan grafik agar setiap perubahan dari hasil pengujian mudah dimengerti dan dipahami sehingga dapat diketahui pengaruh dari penambahan knalpot dengan variasi katalitik konverter dengan katalis berbahan kawat tembaga dan kawat nikel terhadap kadar emisi gas buang CO dan HC pada kendaraan sepeda motor.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Deskripsi Data

Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil data pengujian jumlah kadar konsenrasi karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC). Pengambilan data pada pengujian knalpot standar atau knalpot yang tidak menggunakan katalis dengan knalpot yang telah ditambahkan katalis pada putaran mesin 1500, 1800, dan 2000 rpm. Penambahan katalis pada knalpot dengan jumlah katalis 20 lapis, 16 lapis, dan 12 lapis pada setiap putaran mesin. Penelitian dilakukan di Lab. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Hasil pengujian yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Kadar CO (%)

RPM	Knalpot dengan Variasi Katalis			
	Tanpa Katalis	20	16	12
1500	0,255	0,142	0,180	0,230
1800	0,231	0,125	0,169	0,201
2000	0,208	0,083	0,132	0,161

Pada tabel 4.1 yang telah ditunjukkan merupakan data hasil rata-rata dari 3 pengujian kadar dari karbn monoksida (CO) pada emisi gas buang pada sepeda motor Supra X 125.

Pada pengujian yang sama dengan perlakuan yang sama juga didapatkan hasil pada hidro karbon (HC). Adapun hasil pengujian pada knalpot yang tidak menggunakan katalis dan menggunakan katalis dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Kadar HC (ppm)

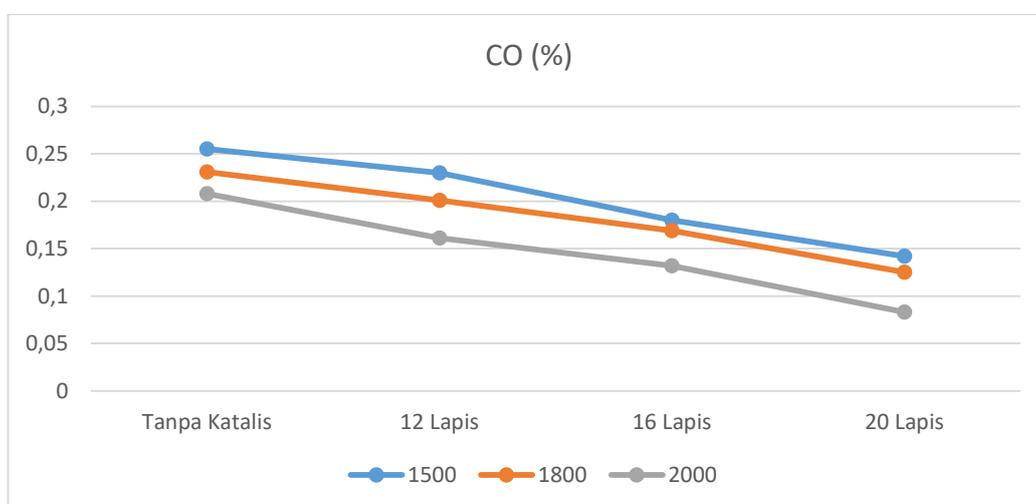
RPM	Knalpot dengan Variasi Katalis			
	Tanpa Katalis	20	16	12
1500	252	134,3	174,6	182
1800	245,3	78,3	143,3	156,6
2000	162	76,6	89,3	136,6

Pada tabel 4.2 yang telah ditunjukkan merupakan data hasil rata-rata dari 3 pengujian kadar dari hidro karbon (HC) pada emisi gas buang pada sepeda motor Supra X 125.

## 4.2. Analisis Data

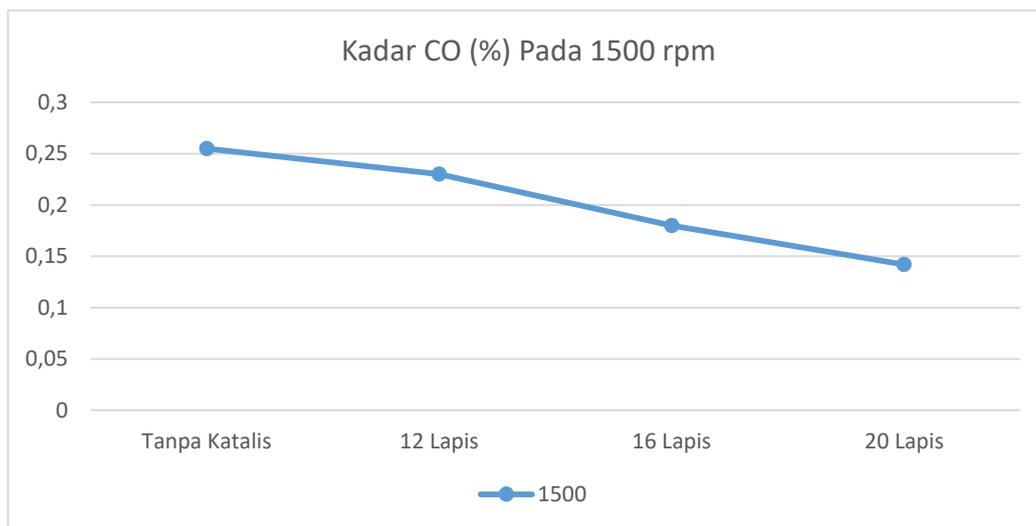
### 4.2.1. Karbon Monoksida (CO)

Pada pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan hasil dari pengujian dengan perbedaan putaran mesin 1500, 1800, dan 2000, serta perbedaan penambahan lapisan katalis pada knalpot dengan variasi tanpa katalis, dengan katalis dengan jumlah lapisan 20 lapis, 16 lapis, dan 12 lapis pada tiap putaran mesin. Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan kemudian hasil tersebut dirata-rata. Adapun data penelitian yang telah diambil dapat dilihat pada grafik dibawah.



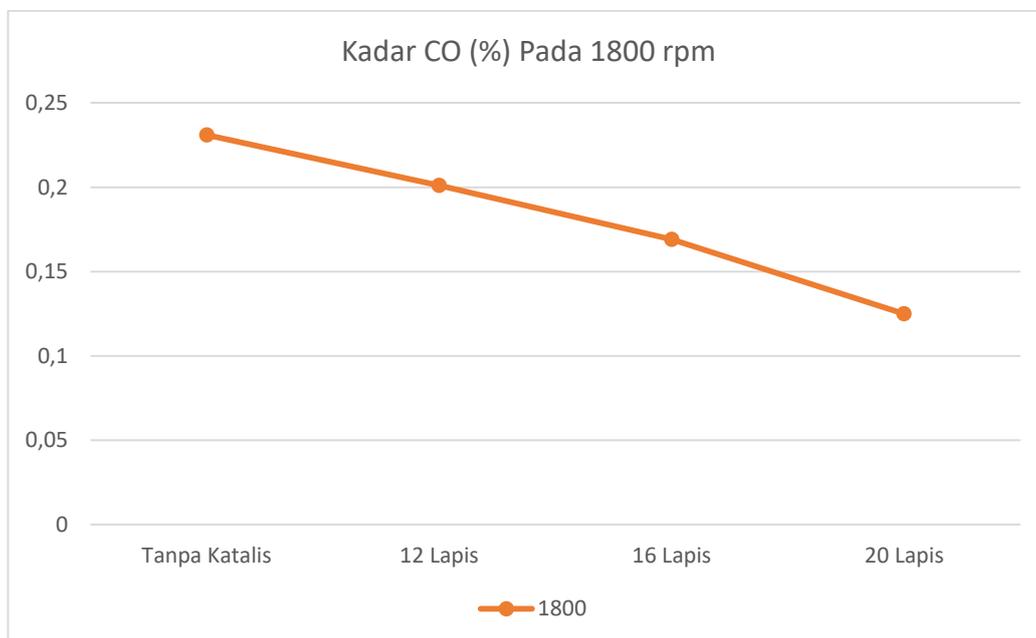
Gambar 4.1 Grafik Kadar CO Emisi Gas Buang

Pada tabel 4.1 dan gambar 4.1 menunjukkan adanya penurunan kadar CO pada motor Supra X 125. Penurunan tersebut dikarenakan penambahan katalitik konverter pada knalpot yang sebelumnya tidak ditambahi katalis.



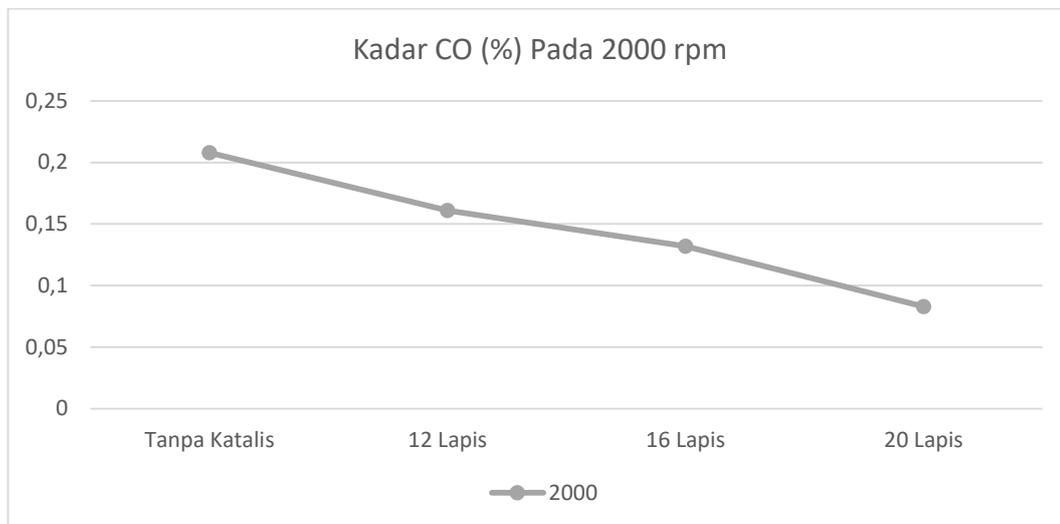
Gambar 4.2 Grafik Kadar CO (%) Pada 1500 rpm

Pada putaran mesin 1500 rpm kadar CO pada emisi gas buang motor Supra X 125 mengalami penurunan pada setiap variasi penambahan katalis pada knalpot motor. Penurunan paling tinggi terjadi pada knalpot yang diberi katalis dengan 20 lapis, penurunan kadar CO mencapai 44,3% dari knalpot yang tidak diberi katalis. Serta penurunan paling rendah pada putaran mesin 1500 rpm adalah knalpot yang diberi katalis berjumlah 12 lapis dengan kadar CO mencapai 9,8% penurunan dari knalpot yang tidak diberikan katalis. Penurunan terjadi karena permukaan-permukaan pada katalis banyak terkena gas buang sehingga banyak dari gas CO dapat bereaksi dengan  $O_2$  dengan baik dan pada emisi gas buang mengalami penurunan. Semakin lapisanya dikurangi maka permukaan yang terkena pada katalis semakin sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak.



Gambar 4.3 Grafik Kadar CO (%) Pada 1800 rpm

Pada pengujian katalis pada putaran mesin 1800 rpm, hasil dari pengujian mengalami penurunan kadar CO pada tiap knalpot yang diberi katalis. Penurunan tertinggi pada knalpot yang diberi katalis 20 lapis dengan penurunan kadar CO sebesar 45,8% dari knalpot tanpa katalis. Jumlah penurunan terendah yang dialami adalah knalpot yang diberi katalis 12 lapis dengan jumlah penurunan kadar CO sebesar 12,9% dari dengan knalpot yang tanpa katalis. Penurunan terjadi karena permukaan-permukaan pada katalis banyak terkena gas buang sehingga banyak dari gas CO dapat bereaksi dengan  $O_2$  dengan baik dan pada emisi gas buang mengalami penurunan. Semakin lapisanya dikurangi maka permukaan yang terkena pada katalis semakin sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak.



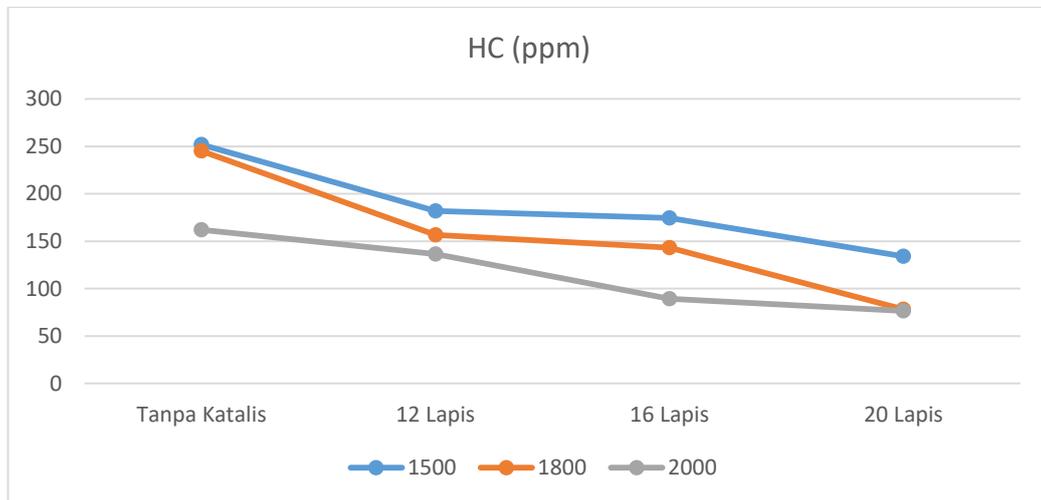
Gambar 4.4 Kadar CO (%) Pada 2000 rpm

Pada pengujian katalis pada putaran mesin 2000 rpm, terjadi penurunan kadar paling tinggi pada knalpot yang diberi katalis 20 lapis dengan penurunan CO sebesar 60% dari dengan knalpot tanpa katalis. Terjadi penurunan terendah dengan knalpot yang diberi katalis sebesar 12 lapis dengan penurunan kadar CO sebesar 22,5% dari knalpot yang tidak diberi katalis. Penurunan terjadi karena permukaan-permukaan pada katalis banyak terkena gas buang sehingga banyak dari gas CO dapat bereaksi dengan  $O_2$  dengan baik dan pada emisi gas buang mengalami penurunan. Semakin lapisanya dikurangi maka permukaan yang terkena pada katalis semakin sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak.

#### 4.2.2. Hidro Karbon (HC)

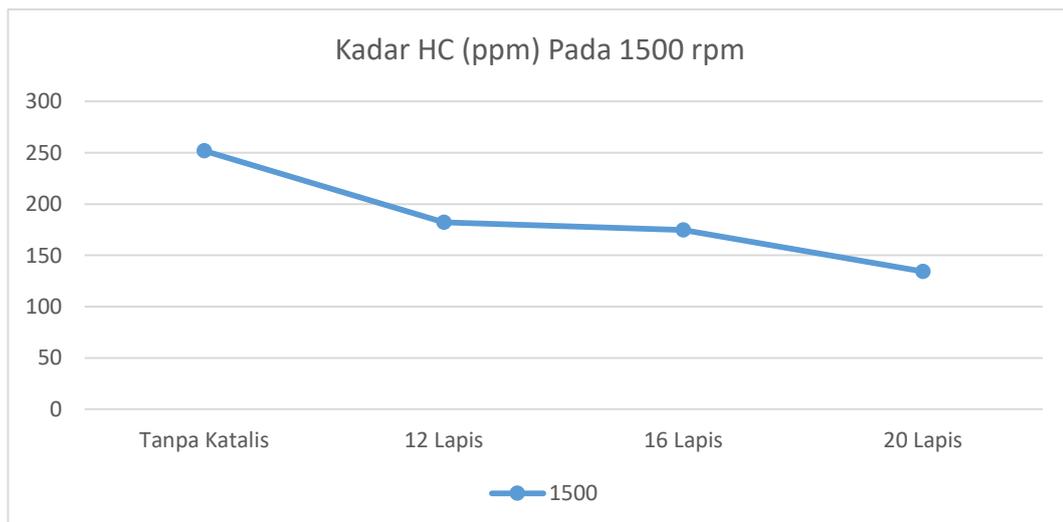
Pada pengujian katallitik konverter yang telah dilakukan didapatkan hasil dengan perbedaan putaran mesin dengan variaris rpm 1500, 1800, 2000 rpm, serta penambahan variasi katalis yaitu tanpa katalis, dengan katalis berjumlah 20 lapis, 16 lapis, dan 12 lapis pada pengujian disetiap rpmnya. Pengujian dilakukan 3

percobaan tiap variasi rpm dan variasi penambahan katalis. Adapun hasil dari pengujian antara lain.



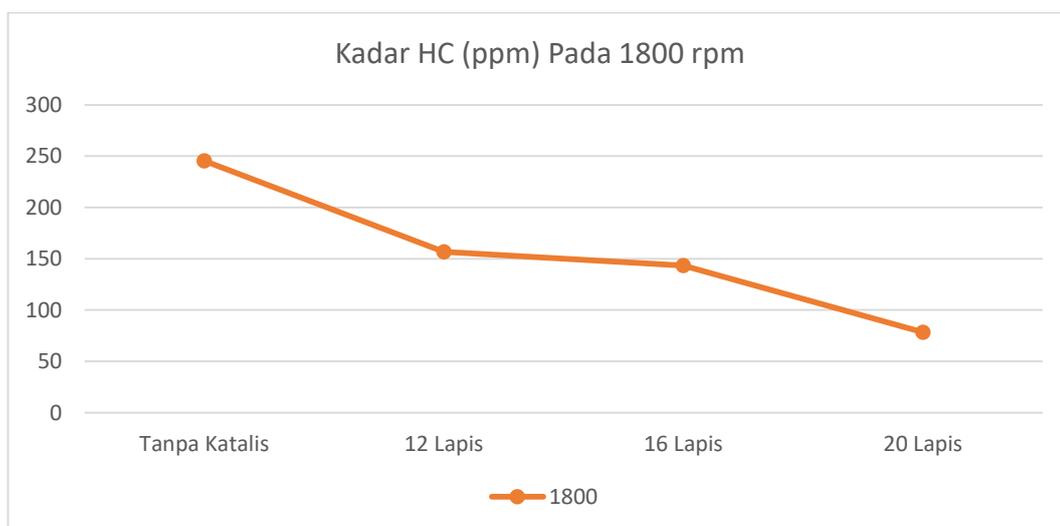
Gambar 4.5 Grafik Kadar HC Pada Emisi Gas Buang

Pada tabel 4.2 dan gambar 4.5 menunjukkan adanya penurunan kadar HC pada pengujian menggunakan motor Supra X 125. Penurunan tersebut diakibatkan adanya penambahan variasi jumlah katalis dan penurunannya juga berbeda-beda.



Gambar 4.6 Grafik Kadar HC (ppm) Pada 1500 rpm

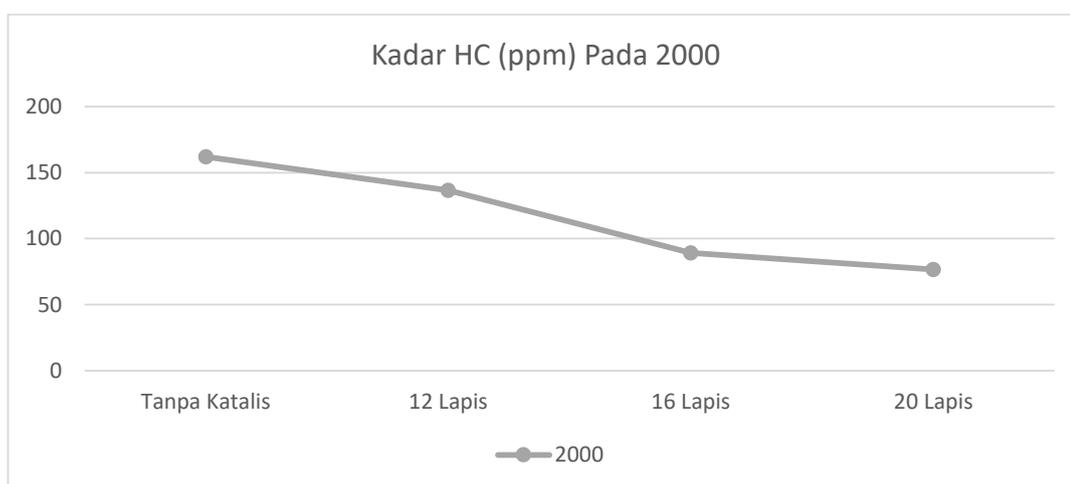
Pada pengujian katalitik konverter pada putaran mesin 1500 rpm dihasilkan penurunan pada tiap penambahan katalis pada knalpot. Pengujian katalis dengan penurunan jumlah kadar HC tertinggi pada knalpot yang diberi 20 lapis katalis dengan penurunan sebesar 46,7% dari knalpot tanpa katalis. Penurunan terendah pada knalpot yang diberi 12 lapis katalis dengan penurunan sebesar 27,7% dari knalpot yang tidak diberi katalis. Penurunan terjadi karena permukaan-permukaan pada katalis banyak terkena gas buang sehingga banyak dari gas HC dapat bereaksi dengan  $O_2$  dengan baik dan pada emisi gas buang mengalami penurunan. Semakin lapisanya dikurangi maka permukaan yang terkena pada katalis semakin sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak.



Gambar 4.7 Kadar HC (ppm) Pada 1800 rpm

Pada pengujian katalitik konverter dengan putaran mesin 1800 rpm didapatkan hasil penurunan pada tiap penambahan katalis pada knalpot. Pengujian dengan penurunan kadar HC tertinggi pada penambahan katalis pada knalpot sebanyak 20 lapis dengan penurunan kadar HC sebesar 68% dari knalpot yang tidak

diberi katalis. Sedangkan penurunan jumlah kadar HC terendah pada penambahan katalis pada knalpot sebanyak 12 lapis dengan penurunan jumlah kadar HC sebesar 36,1% dari knalpot yang tidak diberi katalis. Penurunan terjadi karena permukaan-permukaan pada katalis banyak terkena gas buang sehingga banyak dari gas HC dapat bereaksi dengan  $O_2$  dengan baik dan pada emisi gas buang mengalami penurunan. Semakin lapisnya dikurangi maka permukaan yang terkena pada katalis semakin sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak.



Gambar 4.8 Kadar HC (ppm) Pada 2000 rpm

Pada pengujian katalitik konverter dengan putaran mesin 2000 rpm didapatkan hasil penurunan pada tiap penambahan katalis pada knalpot. Pengujian didapatkan hasil penurunan terbanyak pada penambahan katalis pada knalpot dengan jumlah katalis sebanyak 20 lapis sebesar 52,7% dari knalpot yang tidak diberi katalis. Sedangkan penurun paling rendah pada knalpot yang ditambahi katalis sebanyak 12 lapis dengan jumlah penurunan sebanyak 15,6% dari knalpot yang tidak diberi katalis. Penurunan terjadi karena permukaan-permukaan pada katalis banyak terkena gas buang sehingga banyak dari gas HC dapat bereaksi

dengan  $O_2$  dengan baik dan pada emisi gas buang mengalami penurunan. Semakin lapisanya dikurangi maka permukaan yang terkena pada katalis semakin sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak.

### **4.3. Pembahasan**

#### 4.3.1. Emisi Gas Buang

Terbentuknya gas karbon monoksida (CO) ini dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna, dikarenakan unsur-unsur udara atau oksigen tidak cukup untuk membakar bahan bakar. Febriansyah, (2014: 3) Karbon monoksida adalah hasil pembakaran yang tidak sempurna karena pada pencampuran bahan bakar dan udara jumlah udaranya kurang.

Terbentuknya hidro karbon (HC) dikarekan bahan bakar yang terbakar tidak sempurna atau saat pembakaran bahan bakar tidak bereaksi sepenuhnya dengan oksigen. Menurut (Febriansyah, 2014: 3) Hidrokarbon merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna yang dikarenakan campuran bahan bakar dan udara tidak tercampur dengan rata saat pembakaran, oleh karena itu oksigen tidak dapat bereaksi dan terbentuklah hidrokarbon. Menurut Arifin dan Sukoco, (2009: 43) Terbentuknya HC disebabkan oleh dinding-dinding pada ruang bakar memiliki temperatur yang rendah dan tidak mampu membakar, *missfire*, dan adanya *over lap* atau kedua katup terbuka bersama-sama jadi merupakan gas pembilas.

Pada putaran mesin 1500 rpm dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 kondisi knalpot yang tidak diberi katalis memiliki kadar karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) yang tinggi dibandingkan knalpot yang telah diberi katalis.

Pada putaran mesin ini udara *throttle* belum terbuka sehingga oksigen yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit dibandingkan ketika rpm mesinnya dinaikan sehingga pembentukan menjadi CO menjadi lebih tinggi. Suhu yang terjadi pada putaran ini juga masih kecil dibandingkan putaran mesinnya dinaikan sehingga terbentuknya HC yang lebih tinggi dibandingkan ketika putaran mesinnya dinaikan.

Pada putaran mesin 1500 rpm ini mengalami penurunan kadar emisi yang lebih tinggi ketika knalpot diberi katalis dengan jumlah 20 lapis dibandingkan jika knalpot diberi 16 lapis dan 12 lapis. Penurunan pada CO sebanyak 43,3% dan HC sebanyak 46,7%. Semakin banyak jumlah katalisnya semakin baik penurunan CO dan HC, karena banyak gas yang mengenai permukaan katalisnya. Pengoksidasi gas CO, HC banyak yang bereaksi dengan  $O_2$ . Sehingga gas yang melewati katalis dari yang berbahaya akan menjadi gas  $CO_2$ , dan  $H_2O$  yang keluar dari knalpot yang tidak berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

Ketika baut penyetel diputar dan menekan *throttle* sehingga *throttle* terbuka terjadi kenaikan putaran mesin. Naiknya putaran mesin sehingga menurunkan kadar CO dan kadar HC karena udara yang masuk ke dalam ruang bakar menjadi lebih banyak ketika *throttle* mulai terbuka dan proses pembakaran pada ruang bakar suhu di dalamnya menjadi meningkat. Suhu yang meningkat tersebut membuat campuran bahan bakar dan udara lebih sempurna.

Pada pengujian yang telah dilakukan pada putaran mesin 1800 rpm dan 2000 rpm mengalami penurunan kadar CO dan HC dibandingkan dengan putaran mesin 1500 rpm. Walaupun tidak diberi katalis pada putaran mesin 1800 rpm dan

2000 rpm akan mengalami penurunan pada CO dan HC karena udara yang masuk pada ruang bakar menjadi lebih banyak dan kenaikan suhu pada ruang bakar yang menjadikan kadar emisi menjadi turun.

Pada putaran mesin 1800 rpm dan 2000 rpm mengalami penurunan kadar CO dan HC ketika pada tiap putaran mesin tersebut diuji dengan pemberian katalis dengan jumlah 20 lapis. Penurunan akan lebih sedikit ketika pada jumlah katalis dikurangi. Pada putaran mesin 1800 rpm penurunan kadar CO sebesar 45,8% dan HC sebesar 68%. Pada putaran mesin 2000 rpm penurunan kadar CO sebesar 60% dan HC sebesar 52,7%

#### 4.3.2. Penurunan Emisi Gas Buang.

Pada pengujian kadar karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) mengalami penurunan pada putaran mesin 1500 rpm, 1800 rpm dan 2000 rpm, mengalami penurunan juga ketika pada pengujian di setiap putaran mesin dilakukan knalpot ditambahi katalis dengan jumlah 20 lapis, 16 lapis, dan 12 lapis. Pada pengujian penurunan paling tinggi disetiap rpm ketika knalpot ditambahi katalis dengan jumlah 20 lapis yang dapat dilihat di tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Penurunan emisi gas buang dikarenakan gas tersebut melewati katalitik konverter. katalitik konverter berfungsi untuk mempercepat oksidasi emisi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), serta mereduksi nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ).

Katalis yang terbuat dari bahan kawat tembaga dan kawat nikel dapat digunakan untuk dijadikan katalis. Menurut Mokhtar dan Trenyu, (2015: 3) Salah

satu bahan logam yang efektif untuk dijadikan katalis sebagai *oxydation catalyst* yaitu tembaga dan nikel.

Menurut Fouad et al. (2008: 65) nikel dapat mengkonversi gas CO menjadi CO<sub>2</sub>. Menurut Ikhsan (2014: 9) katalis tembaga dapat menurunkan kadar emisi dari gas buang HC pada kendaraan menjadi H<sub>2</sub>O.

Untuk mengubah gas buang yang keluar dari mesin yang tidak sempurna katalis membutuhkan panas yang dihasilkan dari mesin dalam mengubah emisi tersebut. Kawat nikel dan tembaga merupakan salah satu jenis logam yang mudah atau cepat dalam penyerapan panasnya, tetapi dalam penyerapan panas kawat tembaga lebih cepat dalam menyerap panas dari pada logam nikel. Semakin panas kawat nikel dan kawat tembaga maka dalam pengoksidasian emisi gas buang yang tidak sempurna akan semakin cepat.

Ketika katalis sudah mulai panas katalis akan mulai bekerja. Semakin panas maka penurunan kadar CO dan HC akan semakin baik. Ketika katalis sudah mulai panas katalis akan bekerja. Gas buang atau hasil pembakaran yang dikeluarkan melalui saluran buang molekul CO akan menempel pada katalis, pada molekul dari O<sub>2</sub> juga menempel pada katalis. Karena panas yang ditimbulkan oleh katalis molekul dari O<sub>2</sub> terpecah menjadi dua. Molekul O<sub>2</sub> tersebut kemudian bergerak dan bereaksi dengan molekul CO, sehingga molekul tersebut berubah menjadi CO<sub>2</sub> atau karbon dioksida. Molekul CO<sub>2</sub> memiliki ikatan yang lemah terhadap katalis sehingga molekul tersebut terlepas dari katalis dan terbang ke udara luar. Peristiwa tersebut juga terjadi ada molekul HC.

Jumlah banyaknya katalis juga mempengaruhi penurunan kadar CO dan HC, karena gas buang yang terkena katalis semakin banyak, jumlah katalis yang semakin sedikit penurunan kadar CO dan HC akan semakin sedikit jika dibandingkan dengan jumlah katalis yang lebih banyak. Penurunan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan penelitian dan telah mendapatkan hasil maka dapat disimpulkan bahwa:

Pada penambahan katalitik konverter berbahan kawat tembaga dan kawat nikel dengan berbentuk saringan terhadap emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidro karbon (HC) pada sistem pembuangan sepeda motor Supra X 125, ada pengaruh penurunan kadar CO dan HC. Pada penggunaan katalis dengan jumlah 20 lapis lebih efektif untuk mengurangi kadar emisi gas buang pada knalpot standar yang tidak ada katalisnya.

Pada penggunaan paling baik menggunakan katalis dengan jumlah 20 lapis untuk menurunkan kadar CO dan HC pada tiap putaran mesin. Seiring kenaikan putaran mesin kadar emisi gas buang menjadi menurun. Persentase penurunan kadar CO tertinggi pada penggunaan katalis berjumlah 20 pada putaran mesin 2000 rpm sebanyak 60% dan penurunan kadar HC pada putaran mesin 1800 rpm sebanyak 68%. Penurunan kadar CO terendah yaitu menggunakan katalis dengan jumlah 12 lapis pada putaran mesin 1500 rpm sebanyak 9,8% sedangkan pada emisi gas buang HC penurunan paling rendah pada putaran mesin 2000 rpm sebanyak 15,6% .

#### **5.2. Saran**

Pada penelitian ini saran yang diberikan oleh penulis berdasarkan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada penggunaan katalitik konverter berbahan kawat tembaga dan kawat nikel untuk kendaraan sepeda motor sebaiknya menggunakan katalis dengan jumlah 20 lapis, karena katalis tersebut efektif dalam mengurangi emisi gas buang CO dan HC.
2. Penggunaan alat ukur putaran mesin sebaiknya menggunakan alat yang masih stabil dan baik kondisinya dalam menunjukkan hasil pengukuran.
3. Perlu dilakukan perancangan ulang pada penambahan katalitik konverter sehingga lebih mudah jika diterapkan dalam penggunaan sehari-hari.
4. Perlu pengujian perbandingan penurunan emisi gas buang dari katalitik konverter dengan bahan kawat tembaga dengan kawat nikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Astra, I. M. 2010. Energi dan Dampaknya terhadap Lingkungan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol 11. No. 2: 131-139.
- Budiyono, A. 2001. Pencemaran Udara, Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Berita Dirgantara*. Vol. 2, No.1: 21-27.
- Choudhury, P. dan S Deo. 2014. An Innovative Approach For Emission Control Using Copper Plate Catalytic Converter. *International Journal of Advanced Science, Engineering and Technology*. Vol. 3. No. 2.: 19-23
- Febriansyah. 2014. Pengaruh Penggantian Main Jet pada Karburator terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z. *Jurnal Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang*. Vol. 1. No. 2: 1-8.
- Fouad, O.A., K. S. A. Halim, M. M. Rashad. 2008. Catalytic Oxidation of Over Synthesized Nickel Ferrite Nanoparticles from Fly Ash. *Top Catal*. No. 47: 61-65.
- Ikhsan, R. 2014. Pengaruh Penggunaan Tembaga Sebagai Katalis Pada Saluran Buang Sepeda Motor Yamaha Vega ZR Terhadap Emisi Gas Buang Hidrokarbon. *Jurnal Teknik Otomotif Universitas Negeeri Padang*. Vol. 1. No. 2: 1-10.
- Irawan, R. M. B. 2012. Rancang Bangun Catalytic Converter Material Substrat Tembaga Berlapis Mangan untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Motor Bensin. *LPPM*. 409-422. ISBN: 978-602-18809-0-6.
- Ismiyati, D. Marlita, D. Saidah. 2014. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi dan Logistik (JMTransLog)*. Vol. 1. No. 3: 241-248
- Jayanti, N. E., M. Hakam dan I. Santiasih. 2014. Emisi Gas Carbon Monoksida (CO) dan Hidrocarbon (HC) pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor “Supra X 125” Tahun 2006. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 16. No. 2: 1-6.
- Katara, P. 2016. Review Paper on Catalytic Converter for Automobile Exhaust Emission. *Internasional Journal of Science and Research (IJSR)*. Vol. 5. No. 9: 30-33

- Maryanto, D., S. A. Mulasari, D. Suryani. 2009. Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) dengan Penambahan Arang Aktif pada Kendaraan Bermotor di Yogyakarta. *Jurnal KESMAS*. Vol 3. No. 3: 198-205.
- Mokhtar, A. 2012. *Catalytic Converter* Jenis Katalis Pipa Tembaga Berlubang Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor. *Jurnal Gamma*. Vol. 8. No. 1: 125-131.
- Mokhtar, A. 2014. *Catalytic Converter* Jenis Katalis Plat Tembaga Berbentuk Sarang Lebah untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor. *Jurnal Gamma*. Vol. 10, No. 1: 104-108.
- Mokhtar, A., H. Supriyanto, dan F. Yulianto. 2017. *Catalytic Converter* Jenis Katalis Kawat Kuningan Berbentuk Sarang Laba-Laba untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SETRA)* Vol. 4. 1-6.
- Mokhtar, A., dan T. Wibowo, 2015. Catalytic Converter Jenis Katalis stainless Steel Berbentuk Srang Laba-Laba untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor. *Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*. Vol. 2. 1-6. ISBN: 987-979-796-238-6.
- Mukherjee, A., J. Bagchi, K. Roy, dan K. Mondal. 2016. Catalytic Converter In Automobile Exhaust Emission. *Jurnal For Research*. Vol. 2(10). 29-33.
- Nurmaningsih, D. R. 2018. Analisis Kualitas Udara Ambien Akibat Lalu Lintas Kendaraan Bermotor di Kawasan Coyudan, Surakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 3. No. 2: 46-53
- Pangestu, F., A. W. Widodo, dan B. Rahayudi. 2018. Prediksi Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Menggunakan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Models. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. 2. No. 9: 2923-2929.
- Pardiwala, J. M., F. Patel, dan S. Patel. 2011. Review Paper on Catalytic Converter In Automobile Exhaust Emission. *Internasional Conferene on Current Trends In Technology*. 1-6.
- Pathak, A., K. Venkadeshwaran, A. K. Rohit, dan N. K. Naulakha. 2018. Review Paper on Improved Exhaust Emission Control by The Use of Cu-Zeolite Catalyst Based Catalytic Converter. *Internasional Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*. Vol. 2. 889-893. ISSN No. 2456-6470.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. 01 Agustus 2006. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.

- Rathore, S., M. Thakur dan S. S. K. Deepak. 2018. Experimental Investigation of Exhaust Emissions Using Nano-Particle Coated Catalytic Converter for Four Stroke Spark Ignition Engine. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*. Vol. 45. No. 98: 969-973.
- Sabbaghi, A., F. L. Y., Lam, dan X. Hu. 2015. Zr-SBA-15 Supported Ni Catalyst for Lean NO<sub>x</sub> Reduction. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* No. 409: 69-78.
- Simanungkalit, R., dan T. B. Sitorus. 2013. Performa Mesin Sepeda Motor Satu Silinder Berbahan Bakar Premium dan Pertamina Plus dengan Modifikasi Rasio Kompresi. *Jurnal e-Dinamis*. Vol. 5. No. 1: 29-36.
- Svehla, G., 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: Kalman Media Pustaka
- Wiratmaja, I. M. 2010. Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. Vol. 4. No. 1: 16-25.
- Yusuf, N. dan D. Sutrisno. 2018. Analisis Pengaruh Suhu Mesin Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kondisi Torsi dan Maksimum. *Rang Teknik Jurnal*. Vol. 1. No.2: 235-239.

## Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing



**KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
Nomor: 486 / FT - UNNES / 2019**

**Tentang  
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER  
GASAL/GENAP  
TAHUN AKADEMIK 2018/2019**

- Menimbang** : Bahwa untuk membantu mencari mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Otomotif Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Otomotif Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat** : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)  
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES  
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;  
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang** : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Pend. Teknik Otomotif Tanggal 14 Maret 2019
- MEMUTUSKAN**
- Menetapkan** :
- PERTAMA** : Menunjuk dan menugaskan kepada:
- Nama : Drs. SUPRAPTONO, M.Pd.  
NIP : 195508091982031002  
Pangkat/Golongan : IV/b  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Sebagai Pembimbing
- Untuk membimbing mahasiswa menyusun skripsi/Tugas Akhir :
- Nama : Moh. Miftah Fiqhi  
NIM : 5202415015  
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin/Pend. Teknik Otomotif  
Topik : Pengaruh penambahan katalitik konverter kawat nikel dan tembaga berbentuk saringan terhadap emisi gas buang motor Supra X 125
- KEDUA** : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan  
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik  
2. Ketua Jurusan  
3. Petinggal

5202415015  
...: FM-03-AKD-24/Rev. 00 ...



## Lampiran 2. Surat Tugas Dosen Penguji



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
 FAKULTAS TEKNIK  
 Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229  
 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009  
 Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: [ft@mail.unnes.ac.id](mailto:ft@mail.unnes.ac.id)

### SURAT TUGAS

Nomor : 5491 /UN37.1.5/TD.06/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut:

No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Dr. Abdurrahman, M.Pd. 196009031985031002	Pembina Utama Muda, IV/c	Penguji 1
2	Adhetya Kurniawan, S.Pd., M.Pd. 198505172001041001	Penata Muda Tk. I, III/b	Penguji 2
3	Drs. Suprpto, M.Pd. 195508091982031002	Pembina Tk. I, IV/b	Pembimbing

untuk menguji mahasiswa :

Nama : Moh. Miftah Fiqhi  
 NIM : 5202415015  
 Prodi : S1 Pendidikan Teknik Otomotif  
 Topik : PENGARUH PENAMBAHAN KATALITIK KONVERTER KAWAT NIKEL DAN TEMBAGA BERBENTUK SARINGAN TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR SUPRA X 125  
 Waktu : Jumat, 14 Juni 2019  
 Jam : 09.00 WIB-selesai  
 Tempat : Gedung E9, Ruang Seminar, Lantai 2  
 Pakaian : Hitam Putih Jas Almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.



Tembusan :  
 1. Wakil Dekan Bidang II;  
 2. Ketua Jurusan TM;  
 3. Kasubbag Keuangan,  
 Fakultas Teknik UNNES

### Lampiran 3. Surat Persetujuan Seminar Proposal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
 Gedung E9, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang. 50229  
 Telepon/Fax: 024-8508101  
 Laman: <http://mesin.unnes.ac.id>; E-mail: [teknik.mesin@mail.unnes.ac.id](mailto:teknik.mesin@mail.unnes.ac.id)

---

### PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL

Yang bertanda tangan dibawah ini menyetujui usulan pelaksanaan seminar proposal skripsi mahasiswa dibawah ini:

Nama /NIM : MOH. MIFTAH FIQHI/5202415015  
 Prodi : PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
 Judul TA/Skripsi : PENGARUH PENAMBAHAN KATALITIK KONVERTER KAWAT NIKEL DAN TEMBAGA BERBENTUK SARINGAN TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR SUPRA X 125  
 Hari/ Tgl. Seminar : 23 Mei 2019  
 Jam : 09.00  
 Tempat : Ruang Seminar, Lantai 2

Berdasarkan pertimbangan program studi diputuskan calon penguji untuk diundang sebagai berikut:

1. Pembimbing	: Drs. Suprpto M.Pd.
2. Penguji 1	: <u>Dr. Agus Rasmawan</u>
3. Penguji 2	: <u>Aditya K. I. Nip</u>

Semarang, 23 Mei 2019  
 Koordinator Prodi Pend. Teknik Otomotif S1  
  
 Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT  
 NIP. 19600106 1994031003

dan telah memenuhi syarat sebagai berikut:

- Bukti pernah mengikuti seminar proposal minimal 5 kali
- Selesai bimbingan proposal
- Pengumuman undangan mahasiswa (sesuai format)
- Lembar presensi peserta
- Ringkasan proposal untuk peserta seminar

Semarang, 28 Mei 2019  
 Petugas Administrasi,  
  
Vita Juliana

### Lampiran 4. Lembar Presensi Seminar Proposal skripsi

#### PRESENSI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Moh. Miftah Fiqhi  
 NIM : 5202415015  
 Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Katalik Konverter Kawat Nikel dan Tembaga Berbentuk Saringan Terhadap Emisi Gas Buang Motor Supra X 125.  
 Hari/Tgl : Jum'at, 14 Juni 2019  
 Waktu : 09.00  
 Tempat : E9 Ruang Seminar, Lt.2

No	Nama	NIP/NIM	Tanda tangan
1.	Drs. Suprpto M.Pd	195508091982031002	1
2.	Dr. Abdurrahman M.Pd	196009031985031002	2
3.	Adhetya Kurniawan, S.Pd., M.Pd	198505172015041001	3
4.	Ahmad Murtadjo Laka	5202415061	4
5.	Dwi Saputro	5202415041	5
6.	Yosi Firmansyah	5201416037	6
7.	Setigo Prabowo	5201416013	7
8.	Rudi Hartono	5201416076	8
9.	Danang Bayu Setyawan	5202415042	9
10.	Husni Ansari	5201415014	10
11.	Edi Susanto	5202415018	11
12.	Reza Rizkiana	5201416002	12
13.	Rizka Sephan Hidayatullah	5202415020	13
14.	Muhammad Faizin	5202415019	14
15.	Siful Gfan	5201415004	15
16.	Idris Kusnan	5201415025	16
17.	Alexon Muttakin	5201415039	17
18.	Dany Firmansyah Putra	5202415013	18
19.			19
20.			20
21.			21
22.			22

## Lampiran 5. Lembar Berita Acara Seminar Proposal

### BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

#### Proposal Skripsi Mahasiswa

Nama : Moh. Miftah Fiqhi

NIM : 5202415015

Prodi : Pendidikan Teknik Otomotif

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Katalik Konverter Kawat Nikel dan Tembaga Berbentuk Saringan Terhadap Emisi Gas Buang Motor Supra X 125.

Telah diseminarkan pada

Hari/Tanggal : Jum'at, 14 Juni 2019

Pukul : 09.00

Tempat : E9 Ruang Seminar, Lt.2

Jumlah Dosen Hadir : 2 orang

Jumlah mhs Hadir : 15 orang

Kesimpulan hasil seminar: proposal tidak direvisi / proposal direvisi \*)

Calon Dosen Penguji 2

Adhetya Kurniawan, S.Pd. M.Pd  
NIP. 198505172015041001

Semarang, 24 Mei 2019

Calon Dosen Penguji 1

Dr. Abdurrahman M.Pd  
NIP. 196009031985031002

Dosen Pembimbing

  
Drs. Suprpto, M.Pd.  
NIP. 195508091982031002

## Lampiran 6. Lembar Pernyataan Selesai Revisi Proposaal

### LEMBAR PERNYATAAN SELESAI REVISI SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini adalah Dosen Pembimbing dan Calon Dosen Penguji skripsi mahasiswi :

Nama : Moh. Miftah Fiqhi

NIM : 5202415015

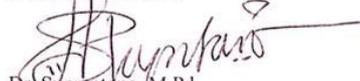
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah SELESAI melaksanakan revisi proposal skripsi yang berjudul:

**PENGARUH PENAMBAHAN KATALITIK KONVERTER KAWAT NIKEL DAN TEMBAGA BERBENTUK SARINGAN TERHADAP EMISI GAS BUANG MOTOR SUPRA X 125**

dan proposal skripsi tersebut siap untuk **dilanjutkan tahap selanjutnya.**

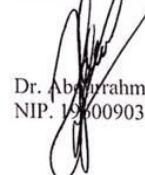
Semarang, 23 September 2019  
Dosen Pembimbing,

  
Dr. Suprpto no, M.Pd.  
NIP. 195508091982031002

Semarang, 23 September 2019  
Calon Dosen Penguji 1,

  
Adhetya Kurniawan, S.Pd, M.Pd  
NIP. 195207212017091256

Semarang, 23 September 2019  
Calon Dosen Penguji 2,

  
Dr. Abubrahman M.Pd.  
NIP. 196009031985031002

## Lampiran 7. Surat Izin Penelitian

	<b>KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI</b> <b>UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</b> <b>FAKULTAS TEKNIK</b> Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009 Laman: <a href="http://ft.unnes.ac.id">http://ft.unnes.ac.id</a> , surel: <a href="mailto:ft@mail.unnes.ac.id">ft@mail.unnes.ac.id</a>	
	Nomor : B/12156/UN37.1.5/LT/2019 Hal : Izin Penelitian	04 Oktober 2019

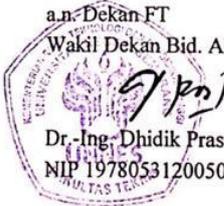
Yth. Kepala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama	: Moh. Miftah Fiqhi
NIM	: 5202415015
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif, S1
Semester	: Gasal
Tahun akademik	: 2019
Judul	: Pengaruh Penambahan Katalitik Konverter Kawat Nikel dan Tembaga Berbentuk Saringan Terhadap Emisi Gas Buang Motor Supra X 125

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 15 Oktober 2019 s.d 30 November 2019.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

  
 a.n. Dekan FT  
 Wakil Dekan Bid. Akademik,  
 Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. &  
 NIP 197805312005011002

Tembusan:  
Dekan FT;  
Universitas Negeri Semarang



Nomor Agenda Surat : 119 688 320 7

## Lampiran 8. Data Pengujian

### A. Knalpot Tanpa Katalis

#### 1. RPM 1500

Serial nr. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STARGAS 898  
DIAL CLASS 8  
REPORT N  
545/DIAL/04/RM  
10/07/2004

RPM 0 [1/min]  
CO 0.280 [% vol]  
CO 2 5.80 [% vol]  
HC 230 [ppm vol]  
O 2 11.50 [% vol]  
NO ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X 2.229 [-]  
TEMP. 77 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 33 [°C]  
Pressure 984 [hPa]  
Rel. Humidity 42 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME: 13:33

CAR DATA

FUEL: GASOLINE  
BRAND: Supra-X-125  
MODEL: STD2  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP

TOTOMOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. ES. KAMPUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER:  
Wahyu

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STARGAS 898  
DIAL CLASS 8  
REPORT N  
545/DIAL/04/RM  
10/07/2004

RPM 0 [1/min]  
CO 0.237 [% vol]  
CO 2 5.82 [% vol]  
HC 231 [ppm vol]  
O 2 11.57 [% vol]  
NO ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X 2.244 [-]  
TEMP. 80 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 33 [°C]  
Pressure 984 [hPa]  
Rel. Humidity 42 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME: 13:37

CAR DATA

FUEL: GASOLINE  
BRAND: Supra-X-125  
MODEL: STD3  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP

TOTOMOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. ES. KAMPUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER:  
Wahyu

1500

Serial nr. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STARGAS 898  
DIAL CLASS 8  
REPORT N  
545/DIAL/04/RM  
10/07/2004

RPM 0 [1/min]  
CO 0.247 [% vol]  
CO 2 6.36 [% vol]  
HC 295 [ppm vol]  
O 2 9.96 [% vol]  
NO ---- [ppm vol]  
CO cor 8.560 [% vol]  
X 1.967 [-]  
TEMP. 70 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 30 [°C]  
Pressure 985 [hPa]  
Rel. Humidity 43 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME: 13:21

CAR DATA

FUEL: GASOLINE  
BRAND: Supra-X-125  
MODEL: STD  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP

TOTOMOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. ES. KAMPUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER:  
Wahyu

## 2. RPM 1800

Serial no.	1711244	1711244	1711244
TECHNTEST TYPE STARGAS 898 DIME CLASS 0 REPORT N. 54570IML/04/RM 10/07/2004			
RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]
CO 0.244 [% vol]	CO 0.207 [% vol]	CO 0.243 [% vol]	CO 0.243 [% vol]
CO2 2.97 [% vol]	CO2 2.15 [% vol]	CO2 4.83 [% vol]	CO2 4.83 [% vol]
HC 395 [ppm vol]	HC 190 [ppm vol]	HC 241 [ppm vol]	HC 241 [ppm vol]
O2 17.60 [% vol]	O2 17.45 [% vol]	O2 12.97 [% vol]	O2 12.97 [% vol]
NO ---- [ppm vol]			
CO cor ---- [% vol]			
λ ---- [-]	λ ---- [-]	λ 2.660 [-]	λ 2.660 [-]
TEMP. 91 [°C]	TEMP. 72 [°C]	TEMP. 82 [°C]	TEMP. 82 [°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			
Temperature 34 [°C]	Temperature 35 [°C]	Temperature 35 [°C]	Temperature 35 [°C]
Pressure 978 [hPa]	Pressure 979 [hPa]	Pressure 978 [hPa]	Pressure 978 [hPa]
Rel. Humidity 42 [%RH]	Rel. Humidity 39 [%RH]	Rel. Humidity 41 [%RH]	Rel. Humidity 41 [%RH]
DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019
TIME: 19:18	TIME: 18:53	TIME: 19:02	TIME: 19:02
CAR DATA			
FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE
BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125
MODEL: STD/1800	MODEL: STD/1800	MODEL: STD/1800	MODEL: STD/1800
LIC. PLATE:	LIC. PLATE:	LIC. PLATE:	LIC. PLATE:
CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:
Km:	Km:	Km:	Km:
WORKSHOP			
TOTO MOTIF			
TEKNIK MESIN			
UNNES			
Gd. E5. KAMPUS UNNES			
SEKARAN, GUNUNGPATI			
SEARANG			
EXAMINER:			
WAHYU			

## 3. RPM 2000

Serial No.	Serial No.	Serial No.
1711244	1711244	1711244
TECHNOLIST TYPE STAR695 898 DIAL CLASS 0 REPORT N 545/0101/04/PM 10/07/2004	TECHNOLIST TYPE STAR695 898 DIAL CLASS 0 REPORT N 545/0101/04/PM 10/07/2004	TECHNOLIST TYPE STAR695 898 DIAL CLASS 0 REPORT N 545/0101/04/PM 10/07/2004
RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]
CO 0.279 [% vol]	CO 0.167 [% vol]	CO 0.179 [% vol]
CO 2 4.92 [% vol]	CO 2 1.62 [% vol]	CO 2 1.70 [% vol]
HC 104 [ppm vol]	HC 289 [ppm vol]	HC 173 [ppm vol]
O 2 12.68 [% vol]	O 2 17.31 [% vol]	O 2 16.88 [% vol]
NO ---- [ppm vol]	NO ---- [ppm vol]	NO ---- [ppm vol]
CO cor ---- [% vol]	CO cor ---- [% vol]	CO cor ---- [% vol]
λ 2.621 [-]	λ ---- [-]	λ ---- [-]
TEMP. 64 [°C]	TEMP. 88 [°C]	TEMP. 88 [°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature 34 [°C]	Temperature 34 [°C]	Temperature 34 [°C]
Pressure 978 [hPa]	Pressure 978 [hPa]	Pressure 978 [hPa]
Rel. Humidity 38 [%RH]	Rel. Humidity 42 [%RH]	Rel. Humidity 42 [%RH]
DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019
TIME: 18:30	TIME: 19:11	TIME: 19:10
CAR DATA		
FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE
BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125
MODEL: STD/2000	MODEL: STD/2000	MODEL: STD/2000
LIC. PLATE:	LIC. PLATE:	LIC. PLATE:
CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:
Kn:	Kn:	Kn:
WORKSHOP		
TUTOR/PIK	TUTOR/PIK	TUTOR/PIK
TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN
UNNES	UNNES	UNNES
Gd. ES. KAMPUS UNNES	Gd. ES. KAMPUS UNNES	Gd. ES. KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI	SEKARAN, GUNUNGPATI	SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG	SEMARANG	SEMARANG
EXAMINER:	EXAMINER:	EXAMINER:
WABU	WABU	WABU

## B. Knalpot Dengan Katalis 20 Lapis

### 1. RPM 1500

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial no. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STAR GAS 898  
DIAL CLASS 0  
REPORT N  
545/DIAL/04/RM  
10/07/2004

R P M 0 [1/min]  
C O 0.078 [% vol]  
C O 2 1.68 [% vol]  
H C 142 [ppm vol]  
O 2 18.01 [% vol]  
N O ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
λ ---- [-]  
TEMP. 69 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS  
Temperature 34 [°C]  
Pressure 983 [hPa]  
Rel. Humidity 42 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 14:04

CAR DATA  
FUEL: GASOLINE  
BRAND: Supra-X-125  
MODEL: CC/20  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP  
TOTONOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. E5. KAMPUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER :  
Wahyu

TECNOTEST  
TYPE STAR GAS 898  
DIAL CLASS 0  
REPORT N  
545/DIAL/04/RM  
10/07/2004

R P M 0 [1/min]  
C O 0.185 [% vol]  
C O 2 4.45 [% vol]  
H C 118 [ppm vol]  
O 2 13.53 [% vol]  
N O ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
λ 2.948 [-]  
TEMP. 80 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS  
Temperature 34 [°C]  
Pressure 983 [hPa]  
Rel. Humidity 40 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 14:13

CAR DATA  
FUEL: GASOLINE  
BRAND: Supra-X-125  
MODEL: CC/20  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP  
TOTONOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. E5. KAMPUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER :  
Wahyu

TECNOTEST  
TYPE STAR GAS 898  
DIAL CLASS 0  
REPORT N  
545/DIAL/04/RM  
10/07/2004

R P M 0 [1/min]  
C O 0.163 [% vol]  
C O 2 1.68 [% vol]  
H C 143 [ppm vol]  
O 2 17.62 [% vol]  
N O ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
λ ---- [-]  
TEMP. 72 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS  
Temperature 34 [°C]  
Pressure 983 [hPa]  
Rel. Humidity 41 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 14:06

CAR DATA  
FUEL: GASOLINE  
BRAND: Supra-X-125  
MODEL: CC/20  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP  
TOTONOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. E5. KAMPUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER :  
Wahyu

## 2. RPM 1800

Serial no.	Serial no.	Serial no.
1711244	1711244	1711244
TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DINL CLASS 0 REPORT N. 545/DINL/04/RM 10/07/2004	TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DINL CLASS 0 REPORT N. 545/DINL/04/RM 10/07/2004	TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DINL CLASS 0 REPORT N. 545/DINL/04/RM 10/07/2004
RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]	RPM 0 [1/min]
CO 0.137 [% vol]	CO 0.130 [% vol]	CO 0.109 [% vol]
CO 2 1.92 [% vol]	CO 2 2.01 [% vol]	CO 2 1.79 [% vol]
HC 181 [ppm vol]	HC 77 [ppm vol]	HC 57 [ppm vol]
O 2 15.98 [% vol]	O 2 17.50 [% vol]	O 2 16.39 [% vol]
NO ---- [ppm vol]	NO ---- [ppm vol]	NO ---- [ppm vol]
CO cor ---- [% vol]	CO cor ---- [% vol]	CO cor ---- [% vol]
X ---- [-]	X ---- [-]	X ---- [-]
TEMP. 75 [°C]	TEMP. 69 [°C]	TEMP. 70 [°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature 35 [°C]	Temperature 35 [°C]	Temperature 35 [°C]
Pressure 981 [hPa]	Pressure 981 [hPa]	Pressure 981 [hPa]
Rel. Humidity 37 [%HR]	Rel. Humidity 37 [%HR]	Rel. Humidity 37 [%HR]
DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019	DATE: 15/10/2019
TIME: 15:43	TIME: 15:34	TIME: 15:39
CAR DATA		
FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE
BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125
MODEL: CC/20/1800	MODEL: CC/20/1800	MODEL: CC/20/1800
LIC. PLATE:	LIC. PLATE:	LIC. PLATE:
CHASSIS:	CHASSIS:	CHASSIS:
Km:	Km:	Km:
WORKSHOP		
TOTOMOTIF	TOTOMOTIF	TOTOMOTIF
TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN	TEKNIK MESIN
UNNES	UNNES	UNNES
Gd. E5. KAMPUS UNNES	Gd. E5. KAMPUS UNNES	Gd. E5. KAMPUS UNNES
SEKARAN, GUNUNGPATI	SEKARAN, GUNUNGPATI	SEKARAN, GUNUNGPATI
SEMARANG	SEMARANG	SEMARANG
EXAMINER: WAHYU	EXAMINER:	EXAMINER: WAHYU
1800		

3. RPM 2000

<p>Serial no. 1711244</p> <p>TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIMAL CLASS 0 REPORT N 545/01NL/04/RM 10/07/2004</p> <p>R P M 0 [1/min] C O 0.065 [% vol] C O 2 1.00 [% vol] H C 74 [ppm vol] O 2 18.68 [% vol] N O ---- [ppm vol] CO cor ---- [% vol] x ---- [-] TEMP. 77 [°C]</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS</p> <p>Temperature 35 [°C] Pressure 981 [hPa] Rel. Humidity 36 [%HR] DATE: 15/10/2019 TIME : 16:02</p> <p>CAR DATA</p> <p>FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRA-X-125 MODEL: CC/20/2000 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:</p> <p>WORKSHOP</p> <p>TOTOMOTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KARFUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: WAHYU</p>	<p>Serial no. 1711244</p> <p>TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIMAL CLASS 0 REPORT N 545/01NL/04/RM 10/07/2004</p> <p>R P M 0 [1/min] C O 0.088 [% vol] C O 2 0.91 [% vol] H C 69 [ppm vol] O 2 19.08 [% vol] N O ---- [ppm vol] CO cor ---- [% vol] x ---- [-] TEMP. 76 [°C]</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS</p> <p>Temperature 35 [°C] Pressure 981 [hPa] Rel. Humidity 36 [%HR] DATE: 15/10/2019 TIME : 16:08</p> <p>CAR DATA</p> <p>FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRA-X-125 MODEL: CC/20/2000 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:</p> <p>WORKSHOP</p> <p>TOTOMOTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KARFUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: WAHYU</p>	<p>Serial no. 1711244</p> <p>TECNOTEST TYPE STARGAS 898 DIMAL CLASS 0 REPORT N 545/01NL/04/RM 10/07/2004</p> <p>R P M 0 [1/min] C O 0.096 [% vol] C O 2 0.88 [% vol] H C 87 [ppm vol] O 2 19.01 [% vol] N O ---- [ppm vol] CO cor ---- [% vol] x ---- [-] TEMP. 78 [°C]</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS</p> <p>Temperature 35 [°C] Pressure 981 [hPa] Rel. Humidity 36 [%HR] DATE: 15/10/2019 TIME : 15:07</p> <p>CAR DATA</p> <p>FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRA-X-125 MODEL: CC/20/2000 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:</p> <p>WORKSHOP</p> <p>TOTOMOTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KARFUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: WAHYU</p>
--	--	--

C. Knalpot Dengan Katalis 16 Lapis

1. RPM 1500

Parameter	Value 1	Value 2
RPM	0	0
CO	0.178	0.169
CO2	2.79	2.30
HC	176	183
O2	15.11	17.07
NO	----	----
CO cor	----	----
TEMP.	51	76
Environment Conditions	Temperature 35 °C	Temperature 35 °C
	Pressure 988 hPa	Pressure 988 hPa
	Rel. Humidity 38 %RH	Rel. Humidity 38 %RH
DATE:	15/10/2019	15/10/2019
TIME:	16:51	16:48
CAR DATA	FUEL: GASOLINE	FUEL: GASOLINE
	BRAND: SUPRA-X-125	BRAND: SUPRA-X-125
	MODEL: CC/16/ <del>1500</del> → 1500	MODEL: CC/16/ <del>1500</del> → 1500
	LIC. PLATE:	LIC. PLATE:
	CHASSIS:	CHASSIS:
	Km:	Km:
WORKSHOP	TEKNIK BUKIT	TEKNIK BUKIT
	UNNES	UNNES
	DI. TR. KANTOR UNNES	DI. TR. KANTOR UNNES
	TEMPORAL	TEMPORAL

2. RPM 1800

Serial no. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STARGAS 892  
DIRL CLASS A  
REPORT N  
545/0101/04/RM  
18/07/2004

R P M 0 [1/min]  
C O 0.147 [% vol]  
C O 2 2.25 [% vol]  
H C 134 [ppm vol]  
O 2 16.92 [% vol]  
N O ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X ---- [C-]  
TEMP. 70 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS  
Temperature 35 [°C]  
Pressure 978 [hPa]  
Rel. Humidity 36 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 17:37

CAR DATA  
FUEL: GASOLINE  
BRAND: SUPRA-X-125  
MODEL: CC/16/1800  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP  
TOTONOTIF  
TEKNIK RESIN  
UNNES  
Gd. ES. KARFUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER:  
BAYU

Serial no. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STARGAS 892  
DIRL CLASS A  
REPORT N  
545/0101/04/RM  
18/07/2004

R P M 0 [1/min]  
C O 0.182 [% vol]  
C O 2 2.50 [% vol]  
H C 135 [ppm vol]  
O 2 16.67 [% vol]  
N O ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X ---- [C-]  
TEMP. 72 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS  
Temperature 35 [°C]  
Pressure 978 [hPa]  
Rel. Humidity 37 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 17:34

CAR DATA  
FUEL: GASOLINE  
BRAND: SUPRA-X-125  
MODEL: CC/16/1800  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP  
TOTONOTIF  
TEKNIK RESIN  
UNNES  
Gd. ES. KARFUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER:  
BAYU

Serial no. 1711244

TECNOTEST  
TYPE STARGAS 892  
DIRL CLASS A  
REPORT N  
545/0101/04/RM  
18/07/2004

R P M 0 [1/min]  
C O 0.160 [% vol]  
C O 2 2.44 [% vol]  
H C 161 [ppm vol]  
O 2 16.58 [% vol]  
N O ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X ---- [C-]  
TEMP. 71 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS  
Temperature 35 [°C]  
Pressure 978 [hPa]  
Rel. Humidity 36 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 17:35

CAR DATA  
FUEL: GASOLINE  
BRAND: SUPRA-X-125  
MODEL: CC/16/1800  
LIC. PLATE:  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP  
TOTONOTIF  
TEKNIK RESIN  
UNNES  
Gd. ES. KARFUS UNNES  
SEKARAN, GUNUNGPATI  
SEMARANG  
EXAMINER:  
BAYU

3. RPM 2000

Serial no. 171144

TECNOTEST  
TYPE STRACAS 898  
DIAL CLASS 0  
REPORT N  
545701L/04/PM  
10/07/2004

R P M 0 [1/min]  
CO 0.114 [% vol]  
CO 2 1.04 [% vol]  
HC 71 [ppm vol]  
O 2 18.34 [% vol]  
NO ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X ---- [-]  
TEMP. 36 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 36 [°C]  
Pressure 979 [hPa]  
Rel. Humidity 36 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 17:28

CAR DATA

FUEL: GASOLINE  
BRAND: SUPRA-X-125  
MODEL: CC/16/2000  
LIC. PLATE: :  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP

TOTONOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. ES. KAMPUS UNNES  
SEKARAN GUMUNGATI  
SEMARANG  
EXAMINER :  
WAWU

2000

Serial no. 171144

TECNOTEST  
TYPE STRACAS 898  
DIAL CLASS 0  
REPORT N  
545701L/04/PM  
10/07/2004

R P M 0 [1/min]  
CO 0.138 [% vol]  
CO 2 2.19 [% vol]  
HC 92 [ppm vol]  
O 2 15.73 [% vol]  
NO ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X ---- [-]  
TEMP. 31 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 36 [°C]  
Pressure 980 [hPa]  
Rel. Humidity 36 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 17:13

CAR DATA

FUEL: GASOLINE  
BRAND: SUPRA-X-125  
MODEL: CC/16/2000  
LIC. PLATE: :  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP

TOTONOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. ES. KAMPUS UNNES  
SEKARAN GUMUNGATI  
SEMARANG  
EXAMINER :  
WAWU

Serial no. 171144

TECNOTEST  
TYPE STRACAS 898  
DIAL CLASS 0  
REPORT N  
545701L/04/PM  
10/07/2004

R P M 0 [1/min]  
CO 0.145 [% vol]  
CO 2 3.14 [% vol]  
HC 105 [ppm vol]  
O 2 15.77 [% vol]  
NO ---- [ppm vol]  
CO cor ---- [% vol]  
X ---- [-]  
TEMP. 39 [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 35 [°C]  
Pressure 978 [hPa]  
Rel. Humidity 36 [%RH]  
DATE: 15/10/2019  
TIME : 17:18

CAR DATA

FUEL: GASOLINE  
BRAND: SUPRA-X-125  
MODEL: CC/16/2000  
LIC. PLATE: :  
CHASSIS:  
Km:

WORKSHOP

TOTONOTIF  
TEKNIK MESIN  
UNNES  
Gd. ES. KAMPUS UNNES  
SEKARAN GUMUNGATI  
SEMARANG  
EXAMINER :  
WAWU

## D. Knalpot Dengan Katalis 12

## 1. RPM 1500

EXHAUST GAS ANALYSIS			Serial nr. 1711244			Serial nr. 1711244		
TECHNOTEST TYPE STAR GAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N 545/DIAL/04/RM 10/07/2004			TECHNOTEST TYPE STAR GAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N 545/DIAL/04/RM 10/07/2004			TECHNOTEST TYPE STAR GAS 898 DIAL CLASS 0 REPORT N 545/DIAL/04/RM 10/07/2004		
RPM	0	[1/min]	RPM	0	[1/min]	RPM	0	[1/min]
CO	0.132	[% vol]	CO	0.183	[% vol]	CO	0.248	[% vol]
CO 2	2.28	[% vol]	CO 2	0.44	[% vol]	CO 2	2.98	[% vol]
H C	130	[ppm vol]	H C	151	[ppm vol]	H C	129	[ppm vol]
O 2	16.90	[% vol]	O 2	19.42	[% vol]	O 2	18.00	[% vol]
N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]	N O	----	[ppm vol]
CO cor	----	[% vol]	CO cor	----	[% vol]	CO cor	----	[% vol]
λ	----	[ - ]	λ	----	[ - ]	λ	----	[ - ]
TEMP.	78	[°C]	TEMP.	64	[°C]	TEMP.	70	[°C]
ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS			ENVIRONMENT CONDITIONS		
Temperature	34	[°C]	Temperature	35	[°C]	Temperature	34	[°C]
Pressure	982	[hPa]	Pressure	982	[hPa]	Pressure	983	[hPa]
Rel. Humidity	37	[%RH]	Rel. Humidity	37	[%RH]	Rel. Humidity	35	[%RH]
DATE:	16/10/2019		DATE:	16/10/2019		DATE:	16/10/2019	
TIME:	14:26		TIME:	14:11		TIME:	13:41	
CAR DATA			CAR DATA			CAR DATA		
FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE		FUEL:	GASOLINE	
BRAND:	SUPRA X125		BRAND:	SUPRA X125		BRAND:	SUPRA X125	
MODEL:	CC/12/2000		MODEL:	CC/12/2000		MODEL:	CC/12/2000	
LIC. PLATE:			LIC. PLATE:			LIC. PLATE:		
CHASSIS:			CHASSIS:			CHASSIS:		
Km:			Km:			Km:		
WORKSHOP			WORKSHOP			WORKSHOP		
TOTOMOTIF			TOTOMOTIF			TOTOMOTIF		
TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN			TEKNIK MESIN		
UNNES			UNNES			UNNES		
Gd. E5. KAMPUS UNNES			Gd. E5. KAMPUS UNNES			Gd. E5. KAMPUS UNNES		
SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI			SEKARAN, GUNUNGPATI		
SEMARANG			SEMARANG			SEMARANG		
EXAMINER:			EXAMINER:			EXAMINER:		
WAWU			WAWU			WAWU		

## 2. RPM 1800

Serial no.	1711244	Serial no.	1711244	Serial no.	1711244
<b>EXHAUST GAS ANALYSIS</b> TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OJAL CLASS 0 REPORT N. 545/OJAL/04/PM 10/07/2004		<b>EXHAUST GAS ANALYSIS</b> TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OJAL CLASS 0 REPORT N. 545/OJAL/04/PM 10/07/2004		<b>EXHAUST GAS ANALYSIS</b> TECNOTEST TYPE STARGAS 898 OJAL CLASS 0 REPORT N. 545/OJAL/04/PM 10/07/2004	
RPM	0 [1/min]	RPM	0 [1/min]	RPM	0 [1/min]
CO	0.197 [% vol]	CO	0.214 [% vol]	CO	0.214 [% vol]
CO2	4.06 [% vol]	CO2	5.74 [% vol]	CO2	5.74 [% vol]
H2C	140 [ppm vol]	H2C	166 [ppm vol]	H2C	166 [ppm vol]
O2	15.40 [% vol]	O2	13.06 [% vol]	O2	13.06 [% vol]
NO	---- [ppm vol]	NO	---- [ppm vol]	NO	---- [ppm vol]
CO cor	---- [% vol]	CO cor	---- [% vol]	CO cor	---- [% vol]
λ	---- [-]	λ	2.451 [-]	λ	2.451 [-]
TEMP.	69 [°C]	TEMP.	67 [°C]	TEMP.	66 [°C]
<b>ENVIRONMENT CONDITIONS</b> Temperature 34 [°C] Pressure 983 [hPa] Rel. Humidity 38 [%RH] DATE: 16/10/2019 TIME: 13:29		<b>ENVIRONMENT CONDITIONS</b> Temperature 33 [°C] Pressure 988 [hPa] Rel. Humidity 39 [%RH] DATE: 16/10/2019 TIME: 13:25		<b>ENVIRONMENT CONDITIONS</b> Temperature 33 [°C] Pressure 983 [hPa] Rel. Humidity 39 [%RH] DATE: 16/10/2019 TIME: 13:24	
<b>CAR DATA</b> FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRA125 MODEL: CC/12/1800 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:		<b>CAR DATA</b> FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRA125 MODEL: CC/12/1800 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:		<b>CAR DATA</b> FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRA125 MODEL: CC/12/1800 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:	
<b>WORKSHOP</b> TOTOMOTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. E5. KAMPUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: WAHYU		<b>WORKSHOP</b> TOTOMOTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. E5. KAMPUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: WAHYU		<b>WORKSHOP</b> TOTOMOTIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. E5. KAMPUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: WAHYU	

3. RPM 2000

<p><b>V</b></p> <p>EXHAUST GAS ANALYSIS</p> <p>Serial nr. 1711244</p> <p>TECNOTEST TYPE STAR GAS 898 OIML CLASS B REPORT N 545/OIML/04/RM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 0.132 [% vol] CO2 2.28 [% vol] HC 130 [ppm vol] O2 16.90 [% vol] NO ---- [ppm vol] CO cor ---- [% vol] λ ---- [-] TEMP. 78 [°C]</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS</p> <p>Temperature 34 [°C] Pressure 982 [hPa] Rel. Humidity 37 [%RH] DATE: 16/10/2019 TIME: 14:26</p> <p>CAR DATA</p> <p>FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRAX125 MODEL: CC/12/2000 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:</p> <p>WORKSHOP</p> <p>TOTONDIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KAMPUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: DARYU</p>	<p>Serial nr. 1711244</p> <p>TECNOTEST TYPE STAR GAS 898 OIML CLASS B REPORT N 545/OIML/04/RM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 0.103 [% vol] CO2 0.44 [% vol] HC 151 [ppm vol] O2 19.42 [% vol] NO ---- [ppm vol] CO cor ---- [% vol] λ ---- [-] TEMP. 64 [°C]</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS</p> <p>Temperature 35 [°C] Pressure 982 [hPa] Rel. Humidity 37 [%RH] DATE: 16/10/2019 TIME: 14:11</p> <p>CAR DATA</p> <p>FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRAX125 MODEL: CC/12/2000 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:</p> <p>WORKSHOP</p> <p>TOTONDIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KAMPUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: DARYU</p>	<p>Serial nr. 1711244</p> <p>TECNOTEST TYPE STAR GAS 898 OIML CLASS B REPORT N 545/OIML/04/RM 10/07/2004</p> <p>RPM 0 [1/min] CO 0.218 [% vol] CO2 2.98 [% vol] HC 129 [ppm vol] O2 18.00 [% vol] NO ---- [ppm vol] CO cor ---- [% vol] λ ---- [-] TEMP. 70 [°C]</p> <p>ENVIRONMENT CONDITIONS</p> <p>Temperature 34 [°C] Pressure 983 [hPa] Rel. Humidity 35 [%RH] DATE: 16/10/2019 TIME: 13:41</p> <p>CAR DATA</p> <p>FUEL: GASOLINE BRAND: SUPRAX125 MODEL: CC/12/2000 LIC. PLATE: CHASSIS: Km:</p> <p>WORKSHOP</p> <p>TOTONDIF TEKNIK MESIN UNNES Gd. ES. KAMPUS UNNES SEKARAN, GUNUNGPATI SEMARANG EXAMINER: DARYU</p>
---	---	---

## Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian



Gas Analyzer



Toolset



Multimeter Digital



Baterai



Blower



Pengecekan Kendaraan yang akan Diuji



Pemasangan Multimeter Digital



Pemasangan Probe Gas Analyzer



Penyusunan Katalis



Penyusunan Katalis



Penggunaan Gas Analyzer



Hasil Pengjian