

## **TUGAS AKHIR**

# **PEMANFAATAN LIMBAH PERMESINAN ALUMINIUM YANG DIGUNAKAN PADA RESONATOR KNALPOT SEPEDA MOTOR BEAT 110 CC UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN UDARA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**RULY GUNAWAN DALIMUNTHE**  
**1907230123**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

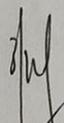
Nama : Ruly Gunawan Dalimunthe  
NPM : 1907230123  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Permesinan Aluminium Yang  
Digunakan Pada Resonator Knalpot Sepeda Motor Beat  
110 cc Untuk Mengurangi Pencemaran Udara  
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

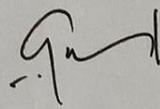
Medan, April 2024

Mengetahui Dan Menyetujui:

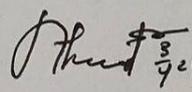
Dosen Penguji I

  
Dr. Suherman, ST., MT

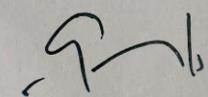
Dosen Penguji II

  
Chandra A Putra Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III

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

Ketua Program Studi Teknik Mesin

  
Chandra A Putra Siregar, S.T., M.T

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ruly Gunawan Dalimunthe  
Tempat/Tanggal Lahir : Padangsidempuan 25 July 2002  
NPM : 1907230123  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Pemanfaatan Limbah Permesinan Aluminium Yang Digunakan Pada Resonator Knalpot Sepeda Motor Beat 110 cc Untuk Mengurangi Pencemaran Udara** Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ keserjanaan saya. Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2024

Yang menyatakan,  
  
Ruly Gunawan Dalimunthe

## ABSTRAK

Polusi udara semakin lama semakin meningkat di karenakan tingginya penggunaan kendaraan bermotor, yang populasinya meningkat dari tahun ke tahun sehingga dapat menimbulkan polusi udara sebesar 70 sampai 80%. Tujuan penelitian ini adalah menurunkan kadar emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor dengan cara memodifikasi saluran gas buang, yaitu dengan memodifikasi bagian dalam knalpot menggunakan silinder berbahan aluminium hasil daur ulang. Penelitian ini membandingkan hasil keluaran gas buang CO, HC dan CO<sub>2</sub> dari knalpot standar dan knalpot modifikasi penambahan silinder berbahan aluminium berdiameter 40mm dan 44mm. Pengujian emisi gas buang menggunakan gas analyzer dengan putaran mesin rata-rata 4500 rpm dengan temperatur mesin 50°C - 91°C. Hasilnya diperoleh bahwa nilai emisi gas buang yang terdapat pada knalpot modifikasi penambahan silinder berbahan aluminium dengan diameter 40mm jika dibandingkan dengan knalpot standar, unsur CO dimenit 10 turun terjadi penurunan hingga 99,75% , menit ke 20 99,84%, menit ke 30 menurun 99,26%, menit ke 40 menurun 99,12%, menit ke 50 menurun 99,12%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,24% pada putaran 4500 rpm, HC terjadi kenaikan 98,3 % , menit ke 20 naik 98,29%, sedangkan menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,27%, menit ke 40 99,09% menit ke 50 turun 99,7%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 99,1 % pada putaran 4500 rpm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa modifikasi knalpot dengan menambahkan silinder berbahan aluminium dapat mengurangi kadar emisi gas buang pada kendaraan bermotor.

Kata Kunci : knalpot sepeda motor, gas buang, polusi udara, aluminium

## ***ABSTRACT***

Air pollution is increasing over time due to the high use of motorized vehicles, the population of which is increasing from year to year so that it can cause air pollution by 70 to 80%. The aim of this research is to reduce the level of exhaust emissions produced by motor vehicles by modifying the exhaust gas channels, namely by modifying the inside of the exhaust using cylinders made from recycled aluminum. This research compares the results of CO, HC and CO<sub>2</sub> exhaust gas output from standard exhausts and modified exhausts with the addition of aluminum cylinders with diameters of 40mm and 44mm. Exhaust gas emission testing uses a gas analyzer with an average engine speed of 4500 rpm with an engine temperature of 50°C - 91°C. The results showed that the exhaust gas emission value contained in the modified exhaust with the addition of an aluminum cylinder with a diameter of 40mm when compared with the standard exhaust, the CO element at the 10th minute decreased to 99.75%, at the 20th minute it was 99.84%, at the 30th minute it decreased. 99.26%, the 40th minute decreased by 99.12%, the 50th minute decreased by 99.12%, and for the 60th minute the exhaust emissions decreased by 99.24% at 4500 rpm, HC increased by 98.3% , the 20th minute increased by 98.29%, while the 30th minute decreased by 99.27%, the 40th minute 99.09%, the 50th minute decreased 99.7%, and the 60th minute exhaust gas emissions decreased by 99.1 % at 4500 rpm. Thus it can be concluded that modifying the exhaust by adding an aluminum cylinder can reduce the level of exhaust emissions in motorized vehicles.

Keywords: motorcycle exhaust, exhaust gas, air pollution, aluminum.

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Permesinan Aluminium Yang Digunakan Pada Resonator Knalpot Sepeda Motor Beat 110 cc Untuk Mengurangi Pencemaran Udara” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suherman, S.T.,M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesin kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Sori Gunung Dalimunthe dan Marianna Sitompul, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis:, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi bidang Teknik.

Medan, April 2024

Saya yang menyatakan,

Ruly Gunawan Dalimunthe

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Emisi Gas Buang	5
2.1.1 Kandungan Emisi Gas Buang	6
2.1.2 Sumber Polusi Kendaraan Bermotor	7
2.1.3 Rumus Emisi Gas Buang	8
2.1.4 Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor	8
2.1.5 Dampak Pencemaran Pada Kesehatan	9
2.2. Knalpot	10
2.2.1. Jenis – Jenis Knalpot	10
2.2.2. Bagian Bagian Knalpot	11
2.3 Bahan Bakar Minyak (BBM)	12
2.4 Aluminium	13
2.4.1 Sifat-Sifat Aluminium	15
2.4.2 Karakteristik Aluminium	16
2.5 Skrap Aluminium	17
2.6 Bahan-Bahan Pembuatan Inti (Core)	18
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat Dan Waktu	19
3.1.1 Tempat Penelitian	19
3.2 Bahan Dan Alat	19
3.2.1 Bahan penelitian	19
3.2.2 Alat Penelitian	20
3.3 Bagian Alir Penelitian	24
3.4 Pembuatan Silinder (pengecoran)	25
3.4.1 Tahap Pembuatan	25
3.5 Prosedur Pengujian	30
3.5.1 Pengujian	30
3.5.1.1 Pengujian Knalpot Standar	30
3.5.2.2 Pengujian Knalpot Modifikasi	32
3.6 Tahapan Pengujian	32
3.6.1.1 Pengujian Knalpot Standar	32

3.6.1.2 Pengujian Knalpot Modifikasi Silinder Aluminium 40mm	34
3.6.1.3 Pengujian Knalpot Modifikasi Silinder Aluminium 44mm	37
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>38</b>
4.1 Hasil Penelitian	38
4.2 Pembahasan Penelitian	40
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor	8
Tabel 2.2. Dampak Gas Emisi Terhadap Kesehatan	10
Tabel 2.3. Spesifikasi BBM Pertalite	13
Tabel 2.4. Sifat-sifat fisik aluminium	17
Tabel 2.5. Sifat-sifat mekanik aluminium	17
Tabel 3.1. Jadwal dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	19
Tabel 3.2. Pengujian Emisi Gas Buang Knalpot Standar	32
Tabel 4.1. Hasil pengujian knalpot standar	38
Tabel 4.2. Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder aluminium 40mm	40
Tabel 4.3. Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder aluminium 44mm	40
Tabel 4.4. Data persentase CO pada emisi dan penurunan emisi gas buang	42
Tabel 4.5. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang	44
Tabel 4.6. Data persentase CO <sub>2</sub> pada emisi dan penurunan emisi gas buang	47
Tabel 4.7. Data persentase CO pada emisi dan penurunan emisi gas buang	49
Tabel 4.8. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang	51
Tabel 4.9. Data persentase CO <sub>2</sub> pada emisi dan penurunan emisi gas buang	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Header Knalpot	11
Gambar 2.2. Resonator Knalpot	12
Gambar 2.3. Silencer Knalpot	12
Gambar 2.4. Skrap Aluminium	17
Gambar 3.1. Leptop yang dilengkapi dengan <i>software solidworks</i>	20
Gambar.3.2. Sepeda motor Honda Beat	22
Gambar 3.3. Mesin las Asetilin	22
Gambar 3.4. Gas Analyzer	23
Gambar 3.5. Probe	23
Gambar 3.6. <i>Scanner Fi</i>	23
Gambar 3.7. Anemometer	24
Gambar 3.8. Diagram alir penelitian	23
Gambar 3.9. Knalpot Standar Beat	25
Gambar 3.10. Proses pembelahan knalpot	26
Gambar 3.11. Bagian dalam resonator knalpot standar	26
Gambar 3.12. Core (inti)	27
Gambar 3.13. Pembuatan Cetakan	27
Gambar 3.14. Pembuatan Inti (Rongga)	27
Gambar 3.15. Penuangan logam cair kedalam cetakan	28
Gambar 3.16. Silinder yang sudah dicetak	28
Gambar 3.17. Proses pembubutan	29
Gambar 3.18. Silinder dari pemanfaatan skrap aluminium	29
Gambar 3.19. Knalpot standar yang telah dimodifikasi	29
Gambar 3.20. Sepeda Motor Beat	32
Gambar 3.21. Socket DLC ( data link conector)	33
Gambar 3.22. Pengukuran rpm dengan <i>Fi Scanner</i>	33
Gambar 3.23. Pengukuran kecepatan angin gas buang	34
Gambar 3.24. Pengujian emisi gas buang dengan menggunakan Gas Analyzer	34
Gambar 3.25. Knalpot modifikasi menggunakan silinder 40mm	35
Gambar 3.26. Proses pemasangan knalpot	35
Gambar 3.27. Pengukuran rpm dengan <i>Fi scanner</i>	36
Gambar 3.28. Pengukuran kecepatan angin gas buang	36
Gambar 3.29. Pengujian pada kenalpot modifikasi	37
Gambar 3.30. Knalpot modifikasi menggunakan silinder 44mm	37
Gambar 4.1. Grafik model knalpot standar dengan CO yang di hasilkan	38
Gambar 4.2. Grafik model knalpot standar dengan HC yang di hasilkan	39
Gambar 4.3. Grafik model knalpot standar dengan CO <sub>2</sub> yang di hasilkan	39
Gambar 4.4. Grafik model knalpot dengan CO yang di hasilkan	43

Gambar 4.5. Grafik model knalpot dengan HC yang dihasilkan	45
Gambar 4.6. Grafik model knalpot dengan CO <sub>2</sub> yang dihasilkan	47
Gambar 4.7. Grafik model knalpot dengan CO yang di hasilkan	50
Gambar 4.8. Grafik model knalpot dengan HC yang dihasilkan	52
Gambar 4.9. Grafik model knalpot dengan CO <sub>2</sub> yang dihasilkan	55

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
CO	Karbon Monoksida	%
HC	Hidrocarbon	ppm
CO <sub>2</sub>	Karbon Dioksida	%
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Monoksida	%
O <sub>2</sub>	Oksigen	%
H <sub>2</sub> O	Uap Air	%
n	Putaran Mesin	Rpm
SO <sub>x</sub>	Oksida-oksida Sulfur	%
NO <sub>x</sub>	Oksida-oksida Nitrogen	%
Pb	Partikulat dan Timbal	%
SO <sub>2</sub>	Sulfur Oksida	%
NO	Nitrogen Oksida	%

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Udara dan pencemaran udara merupakan sepasang hal yang kerap menjadi topik kekhawatiran di lingkup kehidupan sehari-hari. Dimana udara memegang peran vital dalam menjaga keseimbangan ekologi dan kelangsungan hidup makhluk di bumi, namun di samping itu udara erat hubungannya dengan pencemaran udara. Udara adalah gas-gas yang ada di sekitar kita dan kita hirup setiap saat. Udara terdiri dari nitrogen, oksigen, dan beberapa gas lainnya. Udara sangat penting bagi kehidupan kita karena kita membutuhkan oksigen yang ada di udara untuk bernapas. Udara juga membantu menciptakan iklim dan membawa suara serta bau. Tanaman juga membutuhkan udara untuk tumbuh dan menghasilkan makanan. Penting bagi kita untuk menjaga udara tetap bersih agar kita bisa hidup sehat dan lingkungan kita terjaga. Namun, banyak dari manusia yang tidak menyadari tentang pentingnya menjaga udara agar tetap baik sehingga secara sadar maupun tidak sadar mereka menimbulkan pencemaran udara (C.W. et al., 2023)

Pencemaran udara merupakan salah satu tantangan lingkungan yang signifikan di masa sekarang ini. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), pencemaran udara menjadi penyebab kematian prematur bagi jutaan orang setiap tahunnya. Pencemaran udara juga menjadi faktor risiko utama dalam penyakit pernapasan, seperti asma, bronkitis kronis, dan infeksi saluran pernapasan atas. Indonesia merupakan negara dengan tingkat pencemaran udara yang cukup tinggi dibandingkan negara-negara lain yang berada di Asia Tenggara. Dilansir dari BBC, dikatakan bahwa Jakarta merupakan provinsi dengan tingkat pencemaran tertinggi di Indonesia. Beberapa penyebab utama pencemaran udara di Jakarta antara lain polusi kendaraan bermotor, emisi industri, dan pembakaran sampah yang tidak terkontrol. Untuk mengatasi pencemaran udara, langkah-langkah seperti pengurangan emisi kendaraan, peningkatan kontrol industri, dan pengelolaan sampah yang lebih baik perlu diterapkan secara efektif. Oleh sebab itu, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah secara kontinyu melakukan pemantauan kualitas udara ambien dan telah menetapkan Indeks

Standar Pencemar Udara (ISPU) sesuai dengan amanat dalam PP 41 Tahun 1999 (C.W. et al., 2023)

Emisi gas buang kendaraan yang mencemari udara dan lingkungan dapat mengganggu kesehatan manusia, terutama bagi manusia yang tinggal di kota besar, yang bermukim di daerah industri dan padat lalu lintas kendaraan bermotor. Dampak yang ditimbulkan berupa asap dan uap yang berbau dan akan mempengaruhi pernafasan, penciuman, penglihatan, badan menjadi lemas, IQ berkurang dan bila dibiarkan secara terus menerus akan mengakibatkan kematian massal. Dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas buang kendaraan tidak hanya berdampak pada manusia saja tetapi juga pada hewan dan tumbuhan.(Winarno, 2005)

Hal ini adalah salah satu contoh dari dampak negatif pencemaran udara.Selain efek bagi kesehatan adapun efek negatif bagi lingkungan. Kelebihan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer juga dapat menyebabkan peningkatan suhu udara di bumi. Hal ini terjadi karena gas rumah kaca dengan konsentrasi tinggi akan memantulkan kembali panasnya ke bumi,sehingga mengakibatkan peningkatan suhu bumi, bahkan dapat menyebabkan pemanasan global. Inventarisasi emisi umumnya mencakup hingga identifikasi sumber, potensi emisi setiap sumber, dan informasi lingkungan.Evaluasi emisi CO<sub>2</sub> sangat penting dilakukan secara kontinyu untuk memperkirakan risiko lingkungan.(Tri, 2017)

Iventarisasi emisi dari sektor transportasi menggunakan pendekatan perhitungan jumlah kendaraan bermotor. Data hasilinventarisasi emisi kemudian dikelola dan akan disajikan dalam bentuk persentasiagar mudah dibaca dan dipahami.(Permatasari et al., 2021)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana skrap aluminium mampu mereduksi emisi gas buang. Penelitian ini diharapkan dapat membantu problem mengatasi pencemaran udara dengan pendekatan dan pemanfaatan teknologi rekayasa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan suatu masalah yaitu sebagai mana cara mengurangi gas berbahaya yang terkandung pada gas buang kendaran bermotor yang semakin hari semakin bertambah dan bagaimana

pengaruh penggunaan aluminium yang sudah di modifikasi menggunakan ukuran 40mm dan 44mm diameter terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor. Apakah dengan penambahan silinder aluminium yang sudah dimodifikasi dapat mengurangi Carbon monoksida (CO) , Hidro Karbon (HC) , Carbon dioksida (CO<sub>2</sub>).Dan bagaimana penggunaan resonator yang sudah di modifikasi menggunakan silinder yang dibuat dengan mendaur ulang limbah aluminium akan mempengaruhi gas buang kendaraan bermotor.

### 1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini akan membahas ruang lingkup masalah berkaitan :

1. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil emisi gas buang kendaraan bermotor knalpot standart sebagai data pembandingan.
2. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil emisi gas buang kendaraan sepeda motor dengan knalpot yang sudah di tambahkan limbah skrap aluminium yang merupakan hasil modifikasi dengan berbentuk silinder berongga.
3. Pengujian emisi gas buang knalpot modifikasi menggunakan silinder berongga berdiameter 40 mm dan 44 mm.
4. Kecepatan putaran mesin diatur hingga  $\pm 4500$  rpm.
5. Bahan bakar penelitian menggunakan pertalite

### 1.4 Tujuan

Sesuai dengan paparan diatas, penelitian ini bertujuan :

1. Mendaur ulang skrap tembaga limbah pemesinan sebagai resonator knalpot sepeda motor melalui proses pengecoran
2. Menganalisis apakah aluminium dapat mengurangi kandungan karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), pada gas buang sepeda motor melalui proses oksidasi.

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang di peroleh dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan penulis dalam memahami pengaruh dari penggunaan limbah aluminium (skrap) terhadap kandungan emisi gas buang yang telah di modifikasi menggunakan ukuran diameter 40mm dan

44 mm dan di harapkan penulis dapat mengaplikasi ilmu yang didapat selama kegiatan perkuliahan

2. Memberikan referensi bagi pengguna kendaraan bermotor dengan adanya penambahan limbah aluminium (skrap) pada saluran gas dalam sepeda motor yang dapat mengurangi kadar emisi gas buang, berupa CO<sub>2</sub>.HC,dan CO.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan Nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), hidrokarbon ( $\text{HC}$ ), Nitrogenoksida ( $\text{NO}_x$ ) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfurdioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan logam berat ( $\text{Pb}$ ) (Winarno, 2013).

Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksud disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Terdapat emisi pokok yang dihasilkan kendaraan. Hidro karbon ( $\text{HC}$ ) Senyawa Hidro karbon ( $\text{HC}$ ), terjadi karena bahan bakar belum terbakar tetapi sudah terbang bersama gas buang akibat pembakaran kurang sempurna dan penguapan bahan bakar. Senyawa hidro karbon ( $\text{HC}$ ) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah, serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan  $\text{HC}$  lain yang keluar bersama gas buang. Senyawa  $\text{HC}$  akan berdampak terasa pedih di mata, mengakibatkan tenggorokan sakit, penyakit paru-paru dan kanker (Winarno, 2013).

Karbon Monoksida ( $\text{CO}$ ) ,tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara).  $\text{CO}$  yang dikeluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin, untuk mengurangi  $\text{CO}$  perbandingan campuran ini

harus dibuat kurus, tetapi cara ini mempunyai efek samping yang lain, yaitu NO<sub>x</sub> akan lebih mudah timbul dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang. CO sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau, mengakibatkan pusing, mual. (Ningrat et al., 2016).

Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>) Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%. Senyawa HC, CO, dan Nox merupakan gas beracun yang terdapat dalam gas bekas kendaraan, sedangkan gas bekas kendaraan sendiri umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun seperti N<sub>2</sub> (Nitrogen), CO<sub>2</sub> (gas karbon) dan H<sub>2</sub>O (uap air). Komposisi dari gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin adalah 72% N<sub>2</sub>, 18,1% CO<sub>2</sub>, 8,2% H<sub>2</sub>O, 1,2% Gas Argon (gas mulia), 1,1% O<sub>2</sub>, dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% NO<sub>x</sub>, 0,09% HC, dan 0,9% CO. Gas buang yang beracun merupakan sebagian kecil dari volume gas bekas kendaraan bermotor yang menyebabkan polusi udara. (Siswantoro, Lagiyono, 2009).

#### 2.1.1 Kandungan Emisi Gas Buang

Menurut (Syahrani, 2006) kandungan emisi pada gas buang meliputi:

##### 1. CO<sub>2</sub> (Karbon Dioksida)

Gas CO<sub>2</sub> merupakan gas yang tidak berwarna maupun berbau, CO<sub>2</sub> didapat dari perpaduan bahan bakar dan oksigen yang seimbang sehingga menghasilkan CO<sub>2</sub>.

##### 2. CO (Karbon Monoksida)

Karbon monoksida adalah gas yang diperoleh karena perbandingan antara bahan bakar dan udara yang tidak seimbang. Terlalu banyak bahan bakar atau unsur C tidak dapat berikatan dengan O<sub>2</sub> sehingga terbentuklah CO karena pembakaran yang tidak sempurna.

##### 2. SO<sub>2</sub> (Sulfur Oksida)

Bahan bakar gasoline / bensin mengandung unsur belerang (Sulfur). Pada saat terjadi reaksi pada pembakaran, S akan bereaksi dengan H dan O untuk membentuk senyawa sulfat dan sulfur oksida.

#### 4. NO (Nitrogen Oksida)

Gas ini terjadi akibat adanya panas yang tinggi pada proses pembakaran sehingga kandungan nitrogen bereaksi dengan udara sehingga berubah menjadi Nox.

#### 5. H<sub>2</sub>O

Gas Hidro Karbon terjadi karena pembakaran yang berlangsung tidak sempurna pada ruang bakar. Aroma yang dihasilkan dari gas tersebut sangat tajam dan berwarna hitam.

#### 6. HC (Hidro Karbon)

Gas Hidro Karbon terjadi karena pembakaran yang berlangsung tidak sempurna pada ruang bakar. Aroma yang dihasilkan dari gas tersebut sangat tajam dan berwarna hitam.

#### 7. Pb ( Timbal )

Pada reaksi pembakaran , timbal tidak bereaksi dan menjadi timah hitam saat keluar dari proses pembakaran.

#### 8. Partikulat

Partikulat dihasilkan dari residu bahan bakar yang tidak ikut terbakar pada ruang bakar dan keluar melalui gas buang kendaraan. Partikel tersebut ukurannya sekitar 10 mikrometer sehingga mudah untuk masuk ke dalam saluran pernafasan. Sedangkan ukuran yang lebih kecil, dapat membuat iritasi pada mata.

### 2.1.2 Sumber Polusi Kendaraan Bermotor

Menurut (Siregar et al., 2021) Ada empat sumber polusi yang berasal dari kendaraan bermotor yaitu;

- 1) Pipa gas buang (knalpot) adalah sumber yang paling utama (65-85%) dan mengeluarkan hidro karbon (HC) yang terbakar maupun tidak terbakar, bermacam-macam nitrogenoksida (NOx), karbon monoksida (CO) dan campuran alkohol, aldehida, keton, penol, asam, ester, ether, epoksida, peroksida dan oksigen yang lain.
- 2) Bak oli adalah sumber kedua (20%) dan mengeluarkan hidrokarbon (HC) yang terbakar maupun tidak.
- 3) Tangki dan bahan bakar adalah faktor yang disebabkan oleh cuaca panas dengan kerugian penguapan hidrokarbon mentah (5%).

- 4) Karbulator adalah faktor lainnya, terutama saat berkendara pada posisi kondisi macet dengan cuaca panas, dengan kerugian penguapan dan bahan bakar mentah (5-10%).

Tabel 2. 1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor

Katagori	Tahun	Parameter		Metode uji
	Pembuatan	CO (% VOL)	HC (ppm)	
Sepeda motor 2 Langkah	< 2010	4,5	12000	Ilde
Sepeda motor 4 Langkah	< 2010	5,5	2400	Ilde
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	$\geq 2010$	4,5	2000	Idle

Sumber : (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2006)

### 2.1.3 Rumus Emisi Gas Buang

Rumus Emisi Gas Buang

1. Rumus mencari nilai rata rata emisi gas buang

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{jumlah nilai}}{\text{banyaknya data}} \quad (1)$$

2. Rumus Presentase

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{\text{rata-rata emisi dengan aluminium}}{\text{rata rata emisi tanpa aluminium}} \times 100 \% \quad (2)$$

3. Rumus Presentase Penurunan Emisi

$$\text{Presentase menurut emisi} = 100\% - \text{presentase emisi} (\%) \quad (3)$$

### 2.1.4 Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor

Dampak yang ditimbulkan akibat adanya emisi gas, apabila salah satu zat yang dikeluarkan dari adanya sisa pembakaran kendaraan bermotor adalah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Karbon dioksida sendiri apabila diabaikan terus menerus kemudian akan terakumulasi di atmosfer dan berpotensi menyebabkan pemanas global dan dalam jangka panjang akan mengakibatkan perubahan iklim yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Secara langsung dan tak langsung emisi menyumbang lebih dari 35% terhadap pemanasan global dan sejalan dengan emisi CO<sub>2</sub> yang dari waktu ke waktu yang terus meningkat. Lebih lanjut emisi gas buang juga memberikan pengaruh terhadap kesehatan manusia dan gangguan metabolisme tubuh. (Sadyah & Yogyakarta, 2019)

Emisi kendaraan bermotor sangat diyakini mengakibatkan dan mempunyai kontribusi yang cukup luas terhadap gangguan kesehatan masyarakat. Gangguan yang lazim dikenal sebagai akibat dari emisi kendaraan bermotor ini antara lain: gangguan saluran pernafasan, sakit kepala, iritasi mata, mendorong terjadinya serangan asma, penyakit jantung dan penurunan kualitas intelegensia, pada anak-anak. Penelitian terakhir menemukan bahwa ternyata emisi kendaraan bermotor menyebabkan kanker. Pengaruh emisi gas buang kendaraan bermotor tersebut terhadap kesehatan adalah dapat menyebabkan iritasi dan pengotoran saluran pernafasan pada paru-paru. Hal ini dapat disebabkan oleh sulfur, NO<sub>x</sub>, Ozon dan komponen lain. Dalam waktu yang relatif cukup lama, kondisi tersebut akan berkembang dan dapat mengakibatkan bronchitis, gangguan paru-paru dan pneumonia, gas buang kendaraan dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi timah dalam darah yang menyebabkan penurunan kemampuan absorbs oksigen (Wakhid, 2018).

#### 2.1.5 Dampak Pada Kesehatan

Senyawa-senyawa di dalam gas buang terbentuk selama energi diproduksi untuk menjalankan kendaraan bermotor. Beberapa senyawa yang dinyatakan dapat membahayakan kesehatan adalah berbagai oksida sulfur, oksida nitrogen, dan oksida karbon, hidrokarbon, logam berat tertentu dan partikulat. Pembentukan gas buang tersebut terjadi selama pembakaran bahan bakar fosil-bensin dan solar didalam mesin (Zein & Sagaf, 2018). Dibandingkan dengan sumber stasioner seperti industri dan pusat tenaga listrik, jenis proses pembakaran yang terjadi pada mesin kendaraan bermotor tidak sempurna di dalam industri dan menghasilkan bahan pencemar pada kadar yang lebih tinggi, terutama berbagai senyawa organik dan oksida nitrogen, sulfur dan karbon. Selain itu gas buang kendaraan bermotor juga langsung masuk ke dalam lingkungan jalan raya yang sering dekat dengan masyarakat, dibandingkan dengan gas buang dari cerobong industri yang tinggi (Busrah et al., 2019).

Dengan demikian maka masyarakat yang tinggal atau melakukan kegiatan lainnya di sekitar jalan yang padat lalu lintas kendaraan bermotor dan mereka yang berada di jalan raya seperti para pengendara bermotor, pejalan kaki, dan polisi lalu lintas, penjaja makanan sering kali terpajan oleh bahan pencemar yang kadarnya

cukup tinggi. Estimasi dosis pemajanan sangat tergantung kepada tinggi rendahnya pencemar yang dikaitkan dengan kondisi lalu lintas pada saat tertentu . Keterkaitan antara pencemaran udara di perkotaan dan kemungkinan adanya resiko terhadap kesehatan, baru dibahas pada beberapa dekade belakangan ini. Pengaruh yang merugikan mulai dari meningkatnya kematian akibat adanya episod smog sampai pada gangguan estetika dan kenyamanan (Haruna et al., 2019).

Tabel 2. 2 Berdasarkan riset yang dilakukan WHO Europe 2004, dampak gas emisi terhadap Kesehatan (Rimantho dalam Ahmad Marabdi Siregar, Siregar, & Yani, 2019)

Pencemaran	Dampak
CO(Carbon Monoksida)	Mengganggu konsentrasi dan refleksi tubuh, menyebabkan kantuk, dan dapat mempengaruhi penyakit kardiovaskular akibat defenisi oksigen. CO mengikat hemoglobin sehingga jumlah oksigen dalam darah berkurang
CO <sub>2</sub> (Carbon Dioksida)	Meningkatkan risiko penyakit paru-paru dan menimbulkan batuk pada pemajanan singkat dengan konsentrasi tinggi.
HC (Hidrokarbon)	Menimbulkan iritasi mata,batuk, rasa mengantuk, bercak kulit, dan perubahan kode genetic
NOx	Meningkatkan total mortalitas, penyakit kardiovaskular, mortalitas pada bayi, serangan asma, dan penyakit paru-paru kronis.

## 2.2. Knalpot

Knalpot adalah merupakan instrument atau alat yang digunakan untuk menyalurkan gas buang yang dihasilkan dari sisa pembakaran mesin dengan jalan pipa yang menjulur untuk akses pembuangan, knalpot masih satu kesatuan dari proses langkah buang. Pada knalpot inilah, efek turbulensi terus menerus terjaga. Fungsi lain knalpot adalah sebagai peredam getaran, getaran akibat naik turun piston dari kepala silinder diteruskan ke body knalpot, rangka (Siregar et al., 2019)

### 2.2.1. Jenis – Jenis Knalpot

Menurut (Syaief et al., 2015) jenis knalpot ada dua antara lain:

1. Knalpot chamber, konstruksi knalpot chamber seperti knalpot standar, knalpot jenis ini baik pada putaran bawah.
2. Knalpot free flow, konstruksi dari knalpot free flow baik bekerja pada mesin dengan putaran tinggi. Knalpot jenis ini sistem pelepasan gas buang lebih ringkas dan singkat turbulensinya, sehingga dikenal dengan sistem pembuangan los (free flow).

### 2.1.2. Bagian Bagian Knalpot

Knalpot sendiri pada kendaraan bermotor terdiri dari beberapa bagian. Berikut Ini adalah beberapa bagian dari knalpot pada kendaraan bermotor:

#### 1. Header knalpot

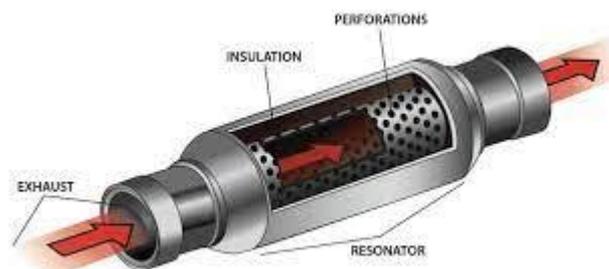
Dibawa ini adalah gambar header knalpot yang merupakan bagian ujung knalpot yang dipasangkan kepada mesin. Jumlah header pada knalpot sangat tergantung dengan berapa banyak jumlah silinder yang diperlukan atau dimiliki oleh mesin kendaraan. Fungsi utama dari header adalah menghubungkan keseluruhan dari sistem knalpot (full system) dengan sistem buang atau ex yang dimiliki oleh suatu kendaraan bermotor. Sistem ex atau gas buang ini merupakan sisa dari hasil pembakaran yang terjadi di alam ruang bakar suatu kendaraan bermotor.



Gambar 2 . 1 Header Knalpot (F. Muhammad, 2021)

#### 2. Resonator Knalpot

Dibawa ini adalah gambar resonator knalpot atau yang biasa kita kenal dengan nama saringan knalpot. Resonator banyak dimiliki oleh kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mengolah bunyi bising yang dihasilkan oleh hasil pembakaran mesin.



Gambar 2 . 2 Resonator Knalpot (Taufik, n.d.)

### 3. Silencer Knalpot

Dibawah ini adalah gambar silencer, silencer juga memiliki fungsi yang mirip dengan resonator, untuk membantu meminimalisir suara bising yang dihasilkan oleh hasil pembakaran dari kendaraan bermotor. Silencer biasa diletakkan pada bagian ujung knalpot. Pada kendaraan bermotor roda dua, biasanya silencer juga berisi saringan yang berfungsi sebagai resonator



Gambar 2 . 3 Silencer Knalpot (Motor, 2020)

#### 2.3 Bahan Bakar Minyak (BBM)

Spesifikasi yang dimiliki pertalite yang bersumber dari web resmi PT Pertamina berdasarkan keputusan Dirjen Migas No.313.K/10/DJ.T/2013 tentang Standar dan Mutu Bahan Bakar Bensin 90 yang dipasarkan di dalam negeri. Adapun keunggulan produk bahan bakar terbaru dari Pertamina adalah tidak menimbulkan kotoran atau kerak pada mesin. Bahannya yang tidak mengandung logam dan timbal sesuai dengan program Langit Biru milik kementerian lingkungan. Selain itu, dengan menggunakan Pertalite, pembakaran mesin Anda dapat lebih optimal daripada Premium. Sehingga mesin lebih bertenaga dan halus. Bahan adiktif dan pewarnanya pun lebih berkualitas jika di bandingkan dengan Premium. Spesifikasi BBM Pertalite diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi BBM Peralite (Pertamina, 2020)

	<b>Kandungan</b>	<b>Keterangan</b>
1	Kadar oktan	: 90-91
2	Kandungan sulfur maksimal	: 0,05% m/m (setara dengan 500ppm)
3	Kandungan timbal	: Tidak ada
4	Kandungan Logam	: Tidak ada
5	Bensin maksimal	: 2,0%
6	Berat jenis	: Maksimal 770 kg/m <sup>3</sup> minimal 715 kg/m <sup>3</sup> (pada 15°C)
7	Penampilan	: Jernih dan terang

#### 2.4 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H . C. Oersted, tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C . M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisis dari garam yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi di antara logam non ferro. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb. Secara satu persatu atau bersamasama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi (Utama, 2010).

Aluminium merupakan logam ringandan memiliki berat 34% dari besi dengan volume yang sama dibandingkan tembaga. Berat aluminium juga lebih berat 1,5 kali dibandingkan dengan magnesium. Aluminium murni memiliki sifat cor yang baik meskipun memiliki sifat mekanis yang buruk. Sebagaimana logam lain,

untuk mengubah sifat aluminium lebih kuat, maka dipadu dengan unsur lain sesuai kebutuhan dan penggunaannya. Paduan aluminium banyak digunakan secara komersial karena mempunyai kekuatan lebih dibanding aluminium murni. Unsur yang biasa ditambahkan kedalam paduan aluminium adalah Zn, Mg, dan Cu. (Amalia et al., 2022)

Penggunaan paduan aluminium dari proses pengecoran memiliki keuntungan yang signifikan, seperti memiliki bobot yang ringan, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, ketahanan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, tidak beracun, memiliki berat jenis yang ringan, mudah didaur ulang, dan memiliki laju penyusutannya rendah. Karena keuntungan-keuntungan yang dimiliki dari aluminium sehingga membuat aluminium banyak digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari peralatan rumah tangga, dan terdapat pada komponen otomotif. Aluminium tidak mempunyai sifat beracun dalam tubuh manusia, sehingga sering digunakan juga pada industri makanan dan minuman. Aluminium adalah logam yang sangat mudah dibentuk dan dibuat. Seperti pengecoran, penempaan, ekstruksi, dan pengelasan. (Syukron & Gusti, 2021)

Penggunaan aluminium dalam kendaraan dapat membantu mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dalam beberapa cara. Salah satunya adalah penggunaan aluminium dalam konstruksi bodi kendaraan yang lebih ringan dibandingkan baja. Ini dapat mengurangi berat kendaraan secara keseluruhan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> selain itu, aluminium juga digunakan dalam mesin dan sistem lainnya dalam kendaraan untuk mengurangi berat dan meningkatkan efisiensi. Misalnya, penggunaan aluminium dalam mesin dapat mengurangi beban yang harus diangkat oleh mesin, yang pada akhirnya dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi CO<sub>2</sub>.

Namun, penting untuk dicatat bahwa penggunaan aluminium juga memiliki dampak lingkungan lainnya. Proses produksi aluminium sendiri memerlukan banyak energi, yang dapat menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, pengurangan emisi CO<sub>2</sub> secara keseluruhan tergantung pada bagaimana aluminium diproduksi, digunakan, dan didaur ulang.

### 2.4.1 Sifat-Sifat Aluminium

Menurut (Corry, 2023) beberapa sifat dan penggunaan penting aluminium termasuk:

1. Ringan

Aluminium memiliki densitas rendah, sehingga sangat cocok untuk penggunaan di mana beratnya adalah faktor penting, seperti dalam industri otomotif, pesawat terbang, dan sepeda.

2. Tahan korosi

Aluminium membentuk lapisan oksida alami yang melindungi permukaannya dari korosi. Oleh karena itu, aluminium sering digunakan dalam pembuatan produk-produk yang perlu tahan terhadap lingkungan yang korosif.

3. Konduktivitas listrik dan panas

Aluminium adalah konduktor panas dan listrik yang baik, sehingga sering digunakan dalam kabel listrik, *heatsinks* (pemindah panas), dan banyak peralatan listrik.

4. Kemasan

Aluminium digunakan dalam kemasan makanan dan minuman, seperti kaleng, karena kemampuannya untuk menjaga produk dari cahaya, oksigen, dan kelembaban.

5. Konstruksi

Aluminium digunakan dalam konstruksi bangunan, terutama sebagai bahan atap, panel dinding, dan pintu.

6. Transportasi

Aluminium digunakan dalam pembuatan kendaraan, termasuk mobil, kereta, dan pesawat terbang, untuk mengurangi beratnya dan meningkatkan efisiensi bahan bakar.

7. Industri pesawat terbang

Aluminium digunakan secara luas dalam konstruksi pesawat terbang, terutama dalam badan pesawat dan sayap.

8. Daur ulang

Aluminium adalah salah satu logam yang paling mudah didaur ulang, sehingga banyak upaya di seluruh dunia untuk mendaur ulang aluminium dan mengurangi limbah.

#### 2.4.2 Karakteristik Aluminium

Aluminium pada masa sekarang ini dalam pemakaiannya semakin meluas dikarenakan aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain : ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Berat jenisnya hanya 2,7 sehingga walaupun kekuatannya rendah tetapi *strength to weight rationya* masih lebih tinggi daripada baja, sehingga banyak digunakan pada konstruksi yang menuntut sifat ringan seperti alat-alat transport terutama pesawat terbang.(Utama, 2010)

Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksid aluminium pada permukaan aluminium. Lapisan *oksid* ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan *oksid* ini disatu pihak menyebabkan tahan korosi tetapi di lain pihak menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disolder (titik leburnya lebih dari 2000<sup>0</sup>C).(Utama, 2010)

Aluminium komersial selalu mengandung beberapa *impurity* (0,8%), biasanya besi, silicon, tembaga dan lain-lain. Adanya *impurity* ini bisa menurunkan sifat hantar listrik dan sifat tahan korosi (walaupun tidak begitu besar) tetapi juga akan menaikkan kekuatannya hampir dua kali lipat dari aluminium murni.(Utama, 2010)

Kekuatan dan kekerasan aluminium memang tidak terlalutinggi, tetapi dapat diperbaiki dengan pepaduan dan *heat treatment*. Keburukan yang paling serius dilihat dari segi teknik adalah sifat elastisitasnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan pepaduan maupun dengan *heat treatment*.(Utama, 2010)

Sifat lain yang menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah difabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun, dapat *deforming* dengan

berbagai cara seperti *rolling*, *stamping*, *drawing*, *forging*, *ekstruding* dan lain-lain menjadi bentuk rumit yang cukup rumit sekalipun.(Utama, 2010)

Tabel 2. 4 Sifat-sifat fisik aluminium (Utama, 2010)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20 <sup>0</sup> C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653 – 657
Panas jenis (cal/g. <sup>0</sup> C) (100 <sup>0</sup> C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur ( <sup>0</sup> C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuai (20 <sup>0</sup> C – 100 <sup>0</sup> C)	23,86 x 10 <sup>-6</sup>	23,5 x 10 <sup>-6</sup>
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , <i>a</i> = 4,013 kX	<i>fcc</i> , <i>a</i> = 4,04 kX

Tabel 2. 5 Sifat-sifat mekanik aluminium(Utama, 2010)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75 % dirol dingin	Dianil	H 18
Kekuatan tarik (kg / mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg / mm <sup>2</sup> )	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan ( % )	48,8	5,5	35	5
Kekerasan <i>Brinell</i>	17	27	23	44

## 2.5 Skrap Aluminium

Skrap Aluminium terdiri dari sisa pembuatan dan konsumsi produk seperti sisa pembubutan, bagian kendaraan, persediaan bangunan, dan bahan surplus. Tidak seperti limbah, skrap memiliki nilai moneter, terutama logam yang diperoleh kembali, dan bahan non-logam juga ditemukan untuk didaur ulang.



Gambar 2 . 4 Skrap Aluminium

## 2.6 Bahan-Bahan Untuk Pembuatan Pola (inti)

Bahan-bahan yang dipakai untuk pembuatan pola adalah kayu, resin atau logam. Dalam hal-hal tertentu atau pemakaian khusus juga bisa dipakai bahan seperti plaster atau lilin. Kayu yang dipakai untuk pola adalah kayu saru, kayu aras, kayu pinus, kayu mahoni, kayu jati dan lain-lain. Pemilihan kayu menurut macam dan ukuran pola, jumlah produksi, dan lamanya pemakaian. Kayu yang kadar airnya lebih dari 14 % tidak dapat dipakai karena akan terjadi pelentingan yang disebabkan perubahan kadar air dalam kayu. Kadang-kadang suhu udara luar harus diperhitungkan, dan ini tergantung pada daerah dimana pola itu dipakai. (Surdia & Chijiwa, 1991)

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat Dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat pelaksanaan dalam menyelesaikan Analisa pemanfaatan skrap aluminium pada saluran gas dalam sepeda motor untuk mengurangi pencemaran udara ini adalah di Laboratorium. Adapun waktu pelaksanaan Analisa pemanfaatan skrap aluminium pada saluran gas dalam sepeda motor untuk mengurangi pencemaran udara ini dimulai dari persetujuan yang diberikan oleh pembimbing, kemudian dilakukan pada bulan Januari 2024 sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3. 1 Jadwal dan Kegiatan Waktu Pelaksanaan Penelitian Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Pengajuan Judul	■						
2	Studi Literatur	■	■					
3	Penulisan Laporan		■	■				
4	Seminar Proposal			■	■			
5	Pembuatan Alat				■	■		
5	Pengambilan Data dan Menganalisa					■	■	
6	Penulisan Laporan Akhir						■	■
7	Seminar Hasil dan Sidang Sarjana							■

#### 3.2.1 Bahan penelitian

Bahan- bahan penilitan yang diperlukan pada penelitian ini sebagai berikut:  
Kertas untuk gambar sketsa dan print out gambar rancangan knalpot yang dimodifikasi serta direkayasa. Kertas juga diperlukan untuk mencatat saat

penelitian.

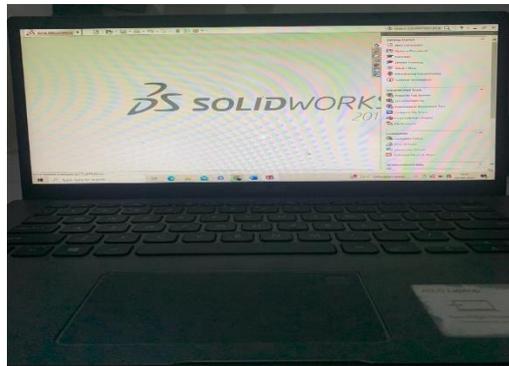
Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kertas untuk gambar sketsa dan print out gambar rancangan silinder berongga pemanfaatan skrap aluminium dimodifikasi serta direkayasa. Kertas juga diperlukan untuk mencatat saat penelitian.
2. Cetakan pasir, Skrap aluminium yang telah di lelehkan , untuk pembuatan resonator knalpot
3. BBM pertalite, bahan bakar minyak yang digunakan untuk diuji
4. Skrap atau gram sisa pembubutan, yang akan digunakan adalah gram skrap aluminium, berat skrap atau gram akan menjadi variable pada penelitian ini. Skrap ini nantinya akan di lelehkan lalu di tuang ke dalam pasir cetak untuk mendapatkan bentuk silinder berongga yang di gunakan sebagai resonator knalpot.

### 3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antra lain:

1. Komputer yang dilengkapi dengan *Software solidworks* untuk merancang part knalpot atau susunan part knalpot yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses pemesinan.



Gambar 3. 1 Leptop yang dilengkapi dengan software solidworks

2. Sepeda Motor Beat 115 CC Tahun 2015

#### Spesifikasi HONDA Beat

Tipe mesin	: 4-langkah, SOHC dengan pendinginan udara, eSP
Volume Langkah	: 108,2 cm <sup>3</sup>

Diameter X Langkah	: 50 x 55,1 mm
Perbandingan Kompresi	: 9,5 : 1
Daya Maksimum	: 6.38 kW (8.68 PS) / 7.500 rpm
Torsi Maksimum	: 9,01 Nm (0,92 kgf.m) / 6.500 rpm
Kapasitas Minyak Pelumas Mesin	: 0,7 liter pada penggantian periodik
Tipe Kopling	: Otomatis, sentrifugal, tipe kering
Tipe Transmsi	: Otomatis, V-Matic
Pola Pengoperan Gigi	: -
Tipe Starter	: ACG Starter, pedal & elekterik
Tipe Battery	: Battery 12V-3Ah, tipe MF
Busi	: NGK MR9C-9N / Denso V27EPR-N9
Pengapian	: Full Transisterized, Baterai
Panjang X Lebar X Tinggi	: 1.873 x 678 x 1.074 mm
Jarak Sumbu Roda	: 1.256 mm
Jarak terendah ke tanah	: 140 mm
Berat kosong	: 95 kg / ( Tipe CW: 94 kg )
Kapasitas tangki bahan bakar	: 3,7 liter
Rangka	: Tulang punggung
Tipe suspensi depan	: Teleskopik
Tipe suspensi belakang	: Lengan ayun dengan peredam kejut tunggal
Ukuran Ban Depan	: 80/90 - 14 M/C 40P
Ukuran Ban Belakang	: 90/90 - 14 M/C 46P
Rem Depan	: Cakram Hidrolik dengan Piston Tunggal
Rem Belakang	: Tromol - sistem pengereman CBS



Gambar 3. 2 Sepeda motor Honda Beat

3. Kunci pas, obeng, kunci sock, dan kunci lainnya untuk membuka dan memasang knalpot standart dan kenalpot yang telah dibuat.
4. Mesin las Asetilin, untuk menyambung part knalpot



Gambar 3. 3 Mesin las Asetilin

5. Gas Analyzer, sebagai alat instrument yang bermanfaat untuk mengukur proporsi dan komposisi dari gabungan gas. Gas yang bisa diukur dari perangkat ini ialah gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), Karbon monoksida (CO), dan Hidro Carbon (HC)



Gambar 3. 4 Gas Analyzer

6. Sebagai alat yang dimasukkan ke dalam knalpot untuk menghubungkan ke dalam gas analyzer



Gambar 3. 5 Probe

7. Scanner Fi untuk mengukur putaran mesin



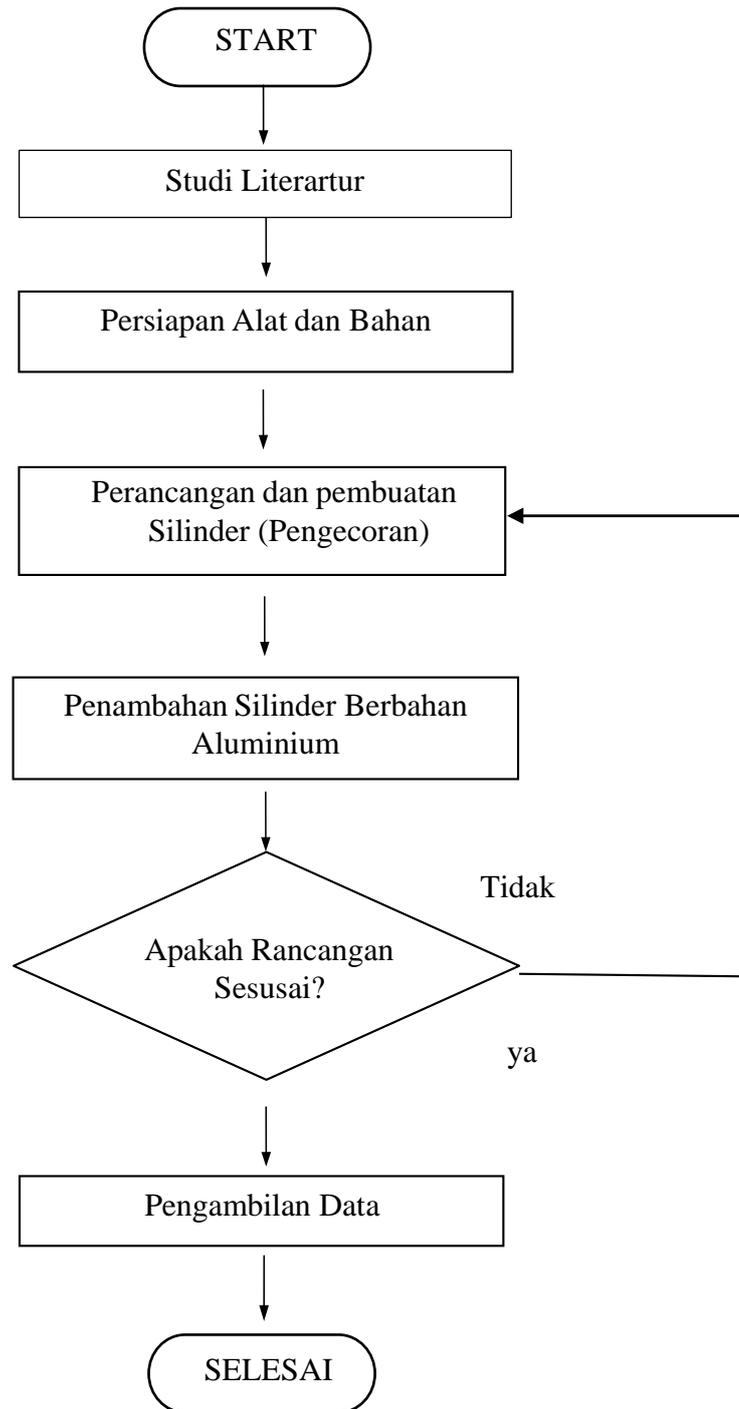
Gambar 3. 6 Scanner Fi

8. Anemometer, untuk mengukur kecepatan angin gas buang sepeda motor sekaligus mengukur suhu udara keluaran knalpot



Gambar 3. 7 Anemometer

### 3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 8 Diagram alir penelitian

### 3.4 Pembuatan Silinder (pengecoran)

1. Membuat sketsa gambar rakayasa dan modifikasi knalpot.
2. Menyalakan computer dan menggambar dengan sofwer solidworks untuk merancang setiap part dalam modifikasi knalpot.
3. Pembuatan pola, sesuai dengan bentuk coran yang akan dibuat.
4. Persiapan pasir cetak.
5. Pembuatan cetakan.
6. Pembuatan inti (bila diperlukan).
7. Peleburan Skrap Aluminium.
8. Penuangan Aluminium cair kedalam cetakan.
9. Pendinginan dan pembekuan.
10. Pembongkaran cetakan pasir.
11. Pembersihan dan pemeriksaan hasil coran.
12. Produk cor selesai.

#### 3.4.1 Tahapan Pembuatan

1. Knalpot Standar



Gambar 3. 9 Knalpot Standar Beat

2. Pembelahan Knalpot

Knalpot di belah menggunakan blinder dan gergaji besi agar dapat diketahui bagian-bagian dalam knalpot sehingga dapat memudahkan dalam proses pembuatan silinder.



Gambar 3.10 Proses pembelahan knalpot

a. Bagian dalam resonator knalpot standar

Bagian dalam resonator knalpot standart di ambil dan di ukur untuk memudahkan pembuatan core pengecoran.



Gambar 3.11 Bagian dalam resonator knalpot standar

b. Pembuatan Core (Inti)

Fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan (Universitas Negri Yogyakarta, 2020).

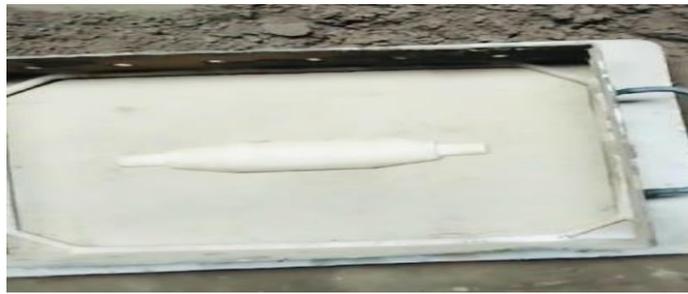


Gambar 3. 12 Core (inti)

- a. Proses pembuatan silinder dari limbah permesinan aluminium

Pembuatan Cetakan

Pembuatan cetakan, sesuai dengan bentuk coran yang akan dibuat.



Gambar 3. 13 Pembuatan Cetakan

- b. Pembuatan Inti

Inti adalah pasir yang dibentuk dan dipadatkan kemudian dipasang pada rongga cetakan untuk mencegah pengisian logam pada bagian yang seharusnya berbentuk lubang atau rongga dalam suatu coran.



Gambar 3. 14 Pembuatan Inti (Rongga)

- c. Penuangan logam cair kedalam cetakan.



Gambar 3. 15 Penuangan logam cair kedalam cetakan

- d. Pengambilan silinder berongga yang sudah tercetak dari dalam cetakan.



Gambar 3.16 Silinder yang sudah dicetak

- e. Proses Pembubutan

Untuk merapikan dan membuat ukuran silinder berongga sesuai dengan yang di inginkan



Gambar 3. 17 Proses pembubutan

f. Silinder berongga setelah proses finishing



Gambar 3. 18 Silinder dari pemanfaatan Limbah Permesinan aluminium

g. Menyatukan setiap part knalpot yang telah dimodifikasi



Gambar 3. 19 Knalpot standar yang telah dimodifikasi

### 3.5 Prosedur Pengujian

Dalam pendahuluan telah disebutkan bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan tingkat emisi dan kemampuan mereduksi emisi yang dihasilkan oleh antara knalpot standar dengan knalpot rekayasa yang sudah ditambahkan silinder dari pemanfaatan skrap aluminium limbah pemesinan. Guna mencapai tujuan tersebut maka dilakukan penelitian dengan menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu metode dengan cara membandingkan antara penggunaan knalpot standar dan knalpot rekayasa dengan perlakuan variable (pemanfaatan sisa pembubutan yang disebut skrap aluminium untuk mengurangi emisi gas buang).

Pengujian dan analisa data pada uji emisi gas buang ini akan diatur variable terikat terikatnya dengan putaran mesin  $\pm 4500$  rpm, dan dengan suhu tabung luar knalpot  $50^{\circ}\text{C}$  hingga  $91^{\circ}\text{C}$ .

Setelah pengujian model knalpot standar, kemudian knalpot rekayasa yang dimodifikasi dari pemanfaatan skrap aluminium limbah pemesinan.

#### 3.5.1 Pengujian

##### 3.5.1.1 Pengujian Knalpot Standar

1. Mempersiapkan sepeda motor dan mengisi BBM pertalite.
2. Mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
3. Set up alat uji Gas analyzer dan probe, probe ini sebagai alat yang dimasukkan kedalam knalpot untuk menghubungkan ke gas analyzer.
4. Menunggu  $\pm 20$  menit untuk memanaskan knalpot.
5. Membuka cover baterai dan menghubungkan kabel dlc ke alat scanner fi, hal ini dilakukan untuk mengukur putaran mesin
6. Putaran mesin di atur hingga  $\pm 4500$  rpm.
7. Mengukur kecepatan angin gas buang.
8. Mengukur panas pangkal tabung knalpot.
9. Implementasi dan menguji pada knalpot standart.
10. Masukkan probe ke knalpot.
11. Perhatikan gas analyzer, baca data emisi gas buang yang diprin-out.
12. Catat data untuk diolah atau dianalisa.

Tabel 3. 2 Pengujian emisi gas buang knalpot standar.

NO	Waktu Menit	Putaran Mesin Rpm	Kecepatan angin gas buang m/s	Suhu Mesin °C	Carbon monoksida (CO) %	Hidro carbon (HC) Ppm	Carbon dioksida (CO <sup>2</sup> ) %
1							
2							
3							
Rata-rata							

13. Buka knalpot standar.

### 3.5.2.2 Pengujian Knalpot Modifikasi

Dengan silinder dari pemanfaatan skrap limbah pemesinan yang telah di modifikasi kedalam knalpot hasil modifikasi dengan tahap sebagai berikut.

1. Persiapkan knalpot yang telah dimodifikasi.
2. Buka tabung knalpot
3. Masukkan silinder berongga aluminium dengan diameter 40mm dan 44mm kedalam knalpot yang telah di modifikasi.
4. Pasang kembali silinder dan tabung bagian dalam yang telah di tambahkan silinder berongga dari pemanfaatan skrap aluminium pada tabung bagian luar knalpot.
5. Hidupkan kembali sepeda motor.
6. Putaran mesin diatur hingga  $\pm 4500$  rpm
7. Masukkan probe ke knalpot
8. Perhatikan gas analyzer, baca data emisi gas buang yang diprin-out
9. Catat data untuk di olah atau dianalisa.

### 3.6. Tahapan Pengujian

#### 3.6.1.1 Pengujian Knalpot Standar

1. Mempersiapkan sepeda motor dengan BBM pertalite



Gambar 3.20 Sepeda Motor Beat

2. Membuka cover baterai sepeda motor, hal ini dilakukan untuk memasang *Fi Scanner* ke sooket DLC untuk mengukur putaran mesin.



Gambar 3.21 Socket *DLC* ( data link conector)

3. Proses pengukuran putaran mesin sekaligus mengukur suhu pada mesin menggunakan alat *Fi Scanner*.



Gambar 3.22 Pengukuran rpm dengan *Fi Scanner*

4. Ukur kecepatan angin gas buang menggunakan alat anemometer dengan jarak alat ukur dari lubang knalpot 7 inchi.



Gambar 3.23 Pengukuran kecepatan angin gas buang

#### 5. Pengujian emisi pada knalpot standar Honda Beat



Gambar 3.24 Pengujian emisi gas buang dengan menggunakan *Gas Analyzer*

#### 3.6.2.2 Pengujian Knalpot Modifikasi Silinder Aluminium 40mm

Dengan silinder dari hasil daur ulang skrap aluminium limbah pemesinan yang telah di modifikasi kedalam knalpot hasil modifikasi silinder aluminium 40mm dengan tahap sebagai berikut.

1. Mempersiapkan knalpot yang telah dimodifikasi menggunakan silinder aluminium berdiameter 40mm



Gambar 3.25. Knalpot modifikasi menggunakan silinder aluminium 40mm

2. Pemasangan knalpot yang telah dimodifikasi pada sepeda motor honda beat.



Gambar 3.26 Proses pemasangan knalpot

3. Proses pengukuran putaran mesin sekaligus mengukur suhu pada mesin menggunakan alat *Fi Scanner*.



Gambar 3.27 Pengukuran rpm dengan *Fi scanner*

4. Ukur kecepatan angin gas buang menggunakan alat anemometer dengan jarak alat ukur dari lubang knalpot 7 inci.



Gambar 3.28 Pengukuran kecepatan angin gas buang

5. Pengujian emisi pada knalpot modifikasi honda beat



Gambar 3.29 Pengujian pada knalpot modifikasi

6. Baca emisi gas buang yang sudah di print out

### 3.6.2.3 Pengujian Knalpot Modifikasi Silinder Aluminium 44mm

1. Mempersiapkan knalpot yang telah dimodifikasi menggunakan silinder aluminium berdiameter 44mm



Gambar 3.30. Knalpot modifikasi menggunakan silinder berongga 44mm

2. Pemasangan knalpot yang telah dimodifikasi pada sepeda motor honda beat
3. Proses pengukuran putaran mesin sekaligus mengukur suhu pada mesin menggunakan alat *Fi Scanner*.
4. Ukur kecepatan angin gas buang menggunakan alat anemometer dengan jarak alat ukur dari lubang knalpot 7 inchi.
5. Pengujian emisi pada knalpot modifikasi honda beat
6. Baca emisi gas buang yang sudah di printout

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

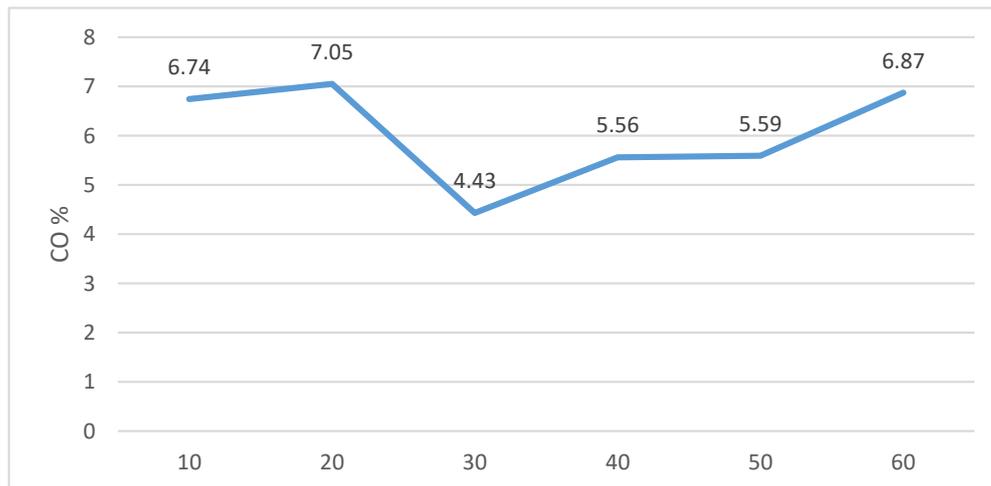
### 4.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka diperoleh hasil pengujian emisi gas buang pada 3 jenis knalpot yang berbeda-beda, yang di tampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.1. Hasil pengujian knalpot standar

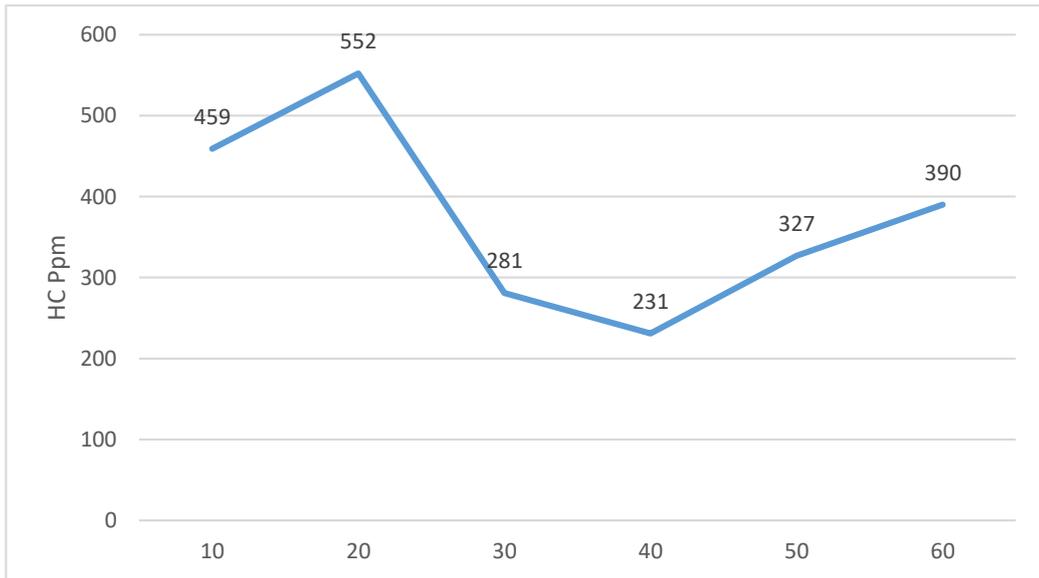
No.	Waktu Menit	Putaran Mesin Rpm	Kecepatan angin gas buang m/s	Suhu Mesin °C	Carbon monoksida (CO)	Hidro carbon (HC)	Carbon dioksida (CO <sub>2</sub> )
					%	Ppm	%
1	Ke 10	4500	12,5	69°	6,74	459	4,5
2	Ke 20	4500	13	73°	7,05	552	4,2
3	Ke 30	4500	10,6	75°	4,43	281	6,7
4	Ke 40	4500	10,3	78°	5,56	231	4,8
5	Ke 50	4500	11,2	77°	5,59	327	4,8
6	Ke 60	4500	10,5	81°	6,87	390	4,1

a. Grafik model knalpot standar dengan CO yang dihasilkan



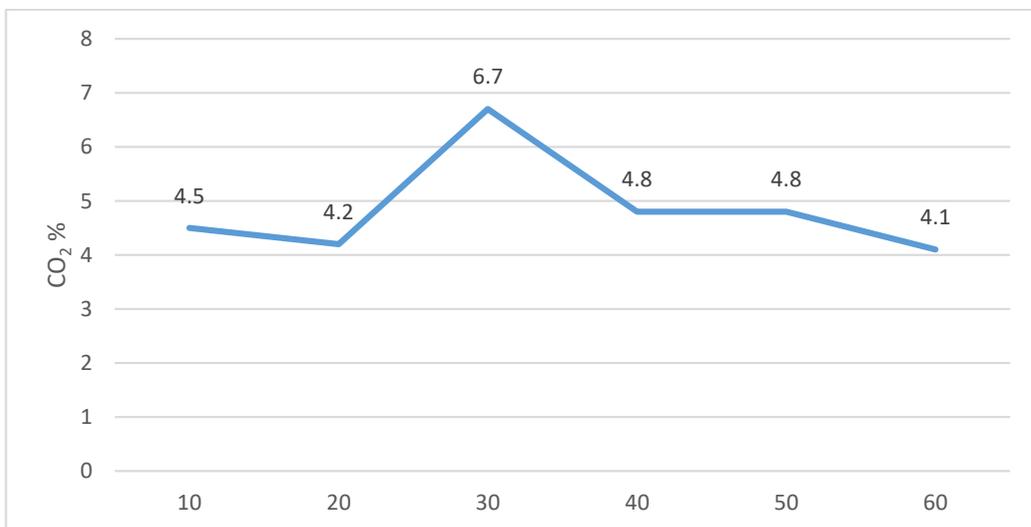
Gambar 4.1. Grafik model knalpot standar dengan CO yang di hasilkan

b. Grafik model knalpot standar dengan HC yang dihasilkan



Gambar 4.2. Grafik model knalpot standar dengan HC yang di hasilkan

c. Grafik model knalpot standar dengan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan



Gambar 4.3. Grafik model knalpot standar dengan HC yang di hasilkan

Tabel 4.2 Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder aluminium 40mm

No.	Waktu Menit	Putaran Mesin Rpm	Kecepatan angin gas buang m/s	Suhu Mesin °C	Carbon monoksida (CO) %	Hidro carbon (HC) Ppm	Carbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) %
1	Ke 10	4500	12,1	59°	5,62	423	3,6
2	Ke 20	4500	13,3	65°	3,37	114	5,0
3	Ke 30	4500	12,1	69°	3,96	152	5,1
4	Ke 40	4500	13,1	73°	3,48	402	5,4
5	Ke 50	4500	10,9	75°	4,49	193	5,8
6	Ke 60	4500	12,8	78°	5,74	205	6,5

Tabel 4.3 Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder aluminium 44mm

No.	Waktu Menit	Putaran Mesin Rpm	Kecepatan angin gas buang m/s	Suhu Mesin °C	Carbon monoksida (CO) %	Hidro carbon (HC) Ppm	Carbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) %
1	Ke 10	4500	12,4	60°	6,55	426	4,3
2	Ke 20	4500	13,4	67°	6,06	371	4,0
3	Ke 30	4500	12,2	65°	4,44	119	6,4
4	Ke 40	4500	13,2	79°	5,11	224	5,9
5	Ke 50	4500	11,9	86°	4,33	362	8,1
6	Ke 60	4500	11,4	91°	5,92	291	4,0

#### 4.2 Pembahasan Penelitian

Dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 pada halaman 9 dihitung persentase emisi serta persentase penurunan emisi yang terjadi

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{\text{rata-rata emisi dengan aluminium}}{\text{rata rata emisi tanpa aluminium}} \times 100 \%$$

$$\text{Persentase penurunan emisi} = 100 \% - \text{persentase emisi} (\%)$$

A. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (CO) pada emisi gas buang.

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,10 menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,62}{6,74} \times 100 \% = 0,83\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,83\% = 99,17\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,20 menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,37}{7,05} \times 100\% = 0,47\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,47\% = 99,63\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,30 menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,96}{4,43} \times 100\% = 0,89\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,89\% = 99,11\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,40 menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,48}{5,56} \times 100\% = 0,62\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,62\% = 99,38\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,50 menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,49}{5,59} \times 100\% = 0,80\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,80\% = 99,20\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,60 menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,74}{6,87} \times 100\% = 0,83\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

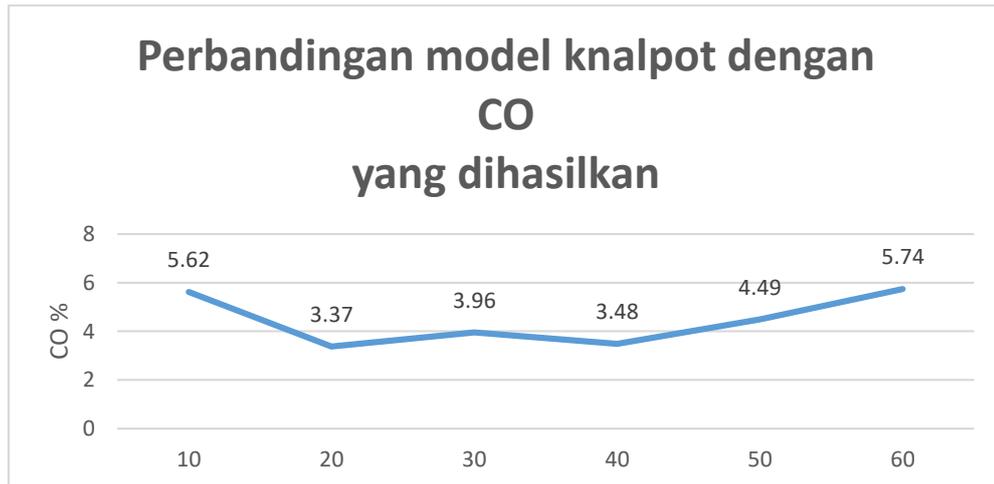
$$100\% - 0,83\% = 99,17\%$$

Tabel 4.4. Data persentase CO pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	CO	Pengukuran CO
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	5,62	99,17
2	Ke 20	3,37	99,63
3	Ke 30	3,96	99,11
4	Ke 40	3,48	99,38
5	Ke 50	4,49	99,20
6	Ke 60	5,74	99,17

Kondisi CO pada emisi gas buang dengan knalpot modifikasi dengan pipa tembaga berdiameter 40mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,17% , menit ke 20 99,63%, menit ke 30 menurun 99,11%, menit ke 40 menurun 99,38%, menit ke 50 menurun 99,20%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,17%. Menurut penelitian yang telah dilakukan (Erman & Sugiarto, 2020) penurunan kandungan emisi gas buang berupa CO,CO<sub>2</sub>,dan HC telah berhasil dengan menggunakan bahan aluminium.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan diameter knalpot yang berbeda.



Gambar 4.4. Grafik model knalpot dengan CO yang di hasilkan

B. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (HC) pada emisi gas buang.

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,10 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{423}{459} \times 100 \% = 0,92\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,92\% = 99,08\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,20 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{114}{552} \times 100 \% = 0,20\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,20\% = 99,80\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,30 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{152}{281} \times 100 \% = 0,54\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,54\% = 99,46\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,40 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{402}{231} \times 100 \% = 1,74\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 1,74\% = 98,26\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,50 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{193}{327} \times 100 \% = 0,59\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,59\% = 99,41\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,60 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{205}{390} \times 100 \% = 0,52\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,52\% = 99,48\%$$

Tabel 4.5. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang

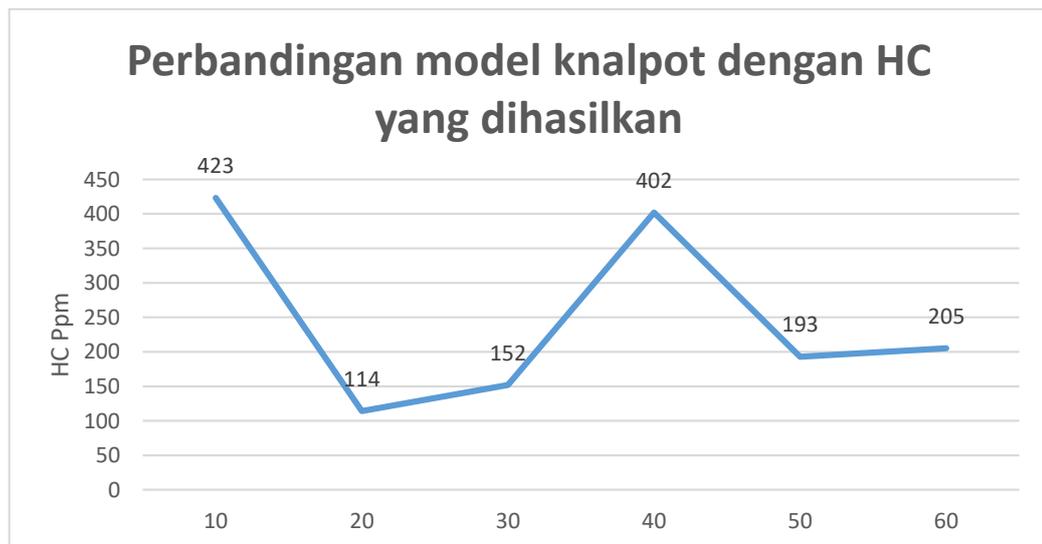
NO	Waktu	HC	Pengukuran HC
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	423	99,08
2	Ke 20	114	99,80
3	Ke 30	152	99,08
4	Ke 40	402	98,26
5	Ke 50	193	99,41
6	Ke 60	205	99,48

Kondisi HC pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder aluminium berdiameter 40mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,08% ,menit ke 20

99,80%, menit ke 30 terjadi penerunan sebesar 98,08%, menit ke 40 mengalami kenaikan sebesar 98,26%, menit ke 50 mengalami penurunan 99,41% dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,48%.

Menurut penelitian yang telah dilakukan (Erman & Sugiarto, 2020) penurunan kandungan emisi gas buang berupa CO,CO<sub>2</sub>,dan HC telah berhasil dengan menggunakan bahan aluminium.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan diameter knalpot yang berbeda.



Gambar 4.5. Grafik model knalpot dengan HC yang dihasilkan

C. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (CO<sub>2</sub>) pada emisi gas buang.

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,10 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,6}{4,5} \times 100 \% = 0,8\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,8\% = 99,92\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,20 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,0}{4,2} \times 100 \% = 1,19\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 1,19\% = 98,81\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,30 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,1}{6,7} \times 100 \% = 0,76\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,76\% = 99,24\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,40 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,4}{4,8} \times 100 \% = 1,12\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 1,12\% = 98,88\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,50 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,8}{4,8} \times 100 \% = 1,2\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 1,2\% = 98,98\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 40mm,60 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{6,5}{4,1} \times 100 \% = 1,5\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

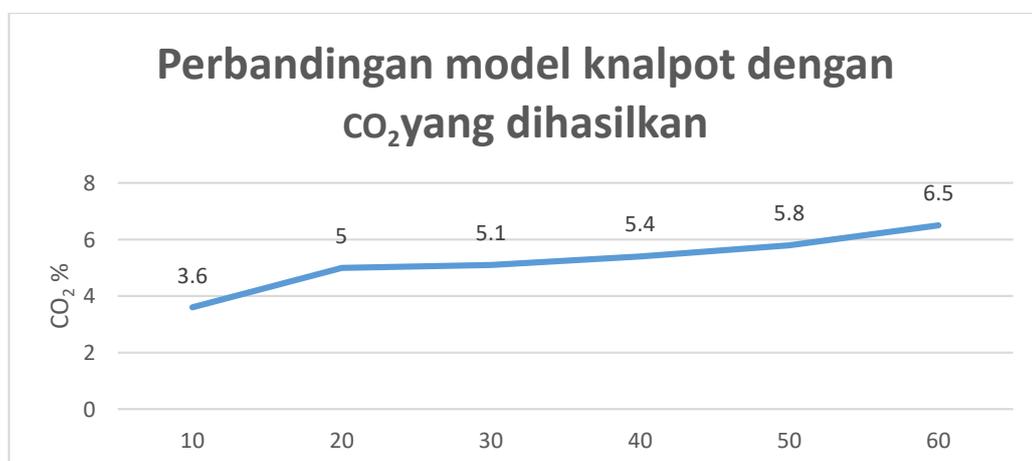
$$100\% - 1,5\% = 98,95\%$$

Tabel 4.6. Data persentase CO<sub>2</sub> pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	CO <sub>2</sub>	Pengukuran CO <sub>2</sub>
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	3,6	99,92
2	Ke 20	5,0	98,81
3	Ke 30	5,1	99,24
4	Ke 40	5,4	98,88
5	Ke 50	5,8	98,98
6	Ke 60	6,5	98,95

Kondisi CO<sub>2</sub> pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder aluminium berdiameter 40mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,92 % , menit ke 20 naik 98,81%, sedangkan menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,24%, menit ke 40 terjadi kenaikan 98,98% menit ke 50 juga mengalami kenaikan 98,98%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi juga kenaikan 98,95 %. Menurut penelitian yang telah dilakukan (Erman & Sugiarto, 2020) penurunan kandungan emisi gas buang berupa CO, CO<sub>2</sub>, dan HC telah berhasil dengan menggunakan bahan aluminium.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan diameter knalpot yang berbeda.



Gambar 4.6. Grafik model knalpot dengan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan

#### 4.2.2 Presentasi dan penurunan emisi menggunakan silinder aluminium diameter 44mm

Dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 pada halaman 9 dihitung persentase emisi serta persentase penurunan emisi yang terjadi

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{\text{rata-rata emisi dengan aluminium}}{\text{rata rata emisi tanpa aluminium}} \times 100 \%$$

Persentase penurunan emisi = 100 % - persentase emisi (%)

a. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (CO) pada emisi gas buang knalpot modifikasi dengan silinder aluminium berdiameter 44mm.

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium, Menit 10

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{6,55}{6,74} \times 100 \% = 0,97\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,97\% = 99,03\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium, Menit 20

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{6,06}{7,05} \times 100 \% = 0,85\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,85\% = 99,15\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium, Menit 30

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,44}{4,43} \times 100 \% = 1\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 1\% = 99, \%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium, Menit 40

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,11}{5,56} \times 100 \% = 0,91\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,91\% = 99,09\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium, Menit 50

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,44}{5,59} \times 100 \% = 0,79\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,79\% = 99,21\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium, Menit 60

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,92}{6,87} \times 100 \% = 0,86\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

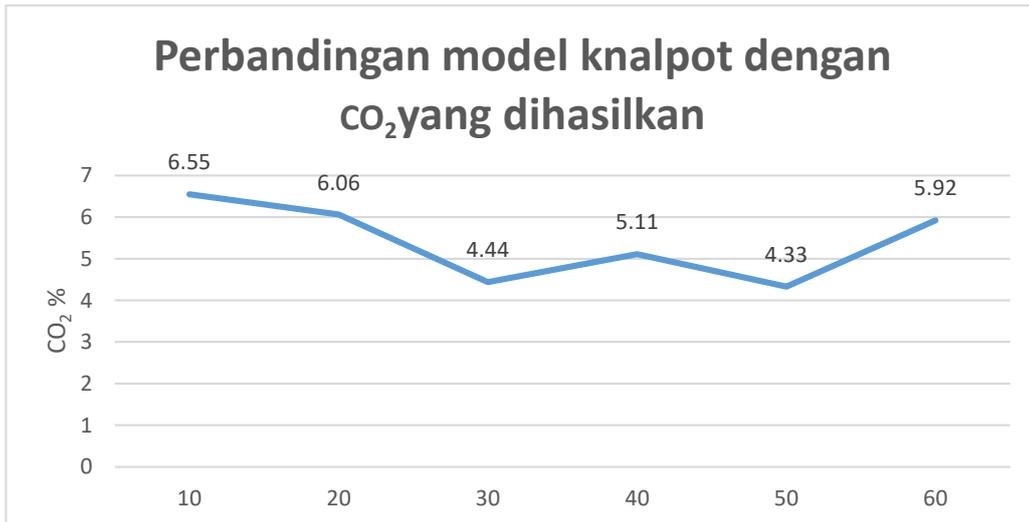
$$100\% - 0,86\% = 99,14\%$$

Tabel 4.7. Data persentase CO pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	CO	Pengukuran CO
		(%)	(%)
1	Ke 10	6,55	99,03
2	Ke 20	6,06	99,15
3	Ke 30	4,44	99
4	Ke 40	5,11	99,09
5	Ke 50	4,33	99,21
6	Ke 60	5,92	99,14

Kondisi CO pada emisi gas buang dengan knalpot modifikasi dengan silinder aluminium berdiameter 44mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,03% , menit ke 20 menurun 99,15%, menit ke 30 menurun 99%, menit ke 40 menurun 99,09%, menit ke 50 menurun 99,21%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,14%.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan diameter knalpot yang berbeda.



Gambar 4.7. Grafik model knalpot dengan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan

B. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (HC) pada emisi gas buang.

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,10 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{426}{459} \times 100 \% = 0,92\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,92\% = 99,08\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,20 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{371}{552} \times 100 \% = 0,67\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,67\% = 99,33\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,30 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{119}{281} \times 100 \% = 0,42\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,42\% = 99,58\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,40 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{224}{231} \times 100\% = 0,96\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,96\% = 99,04\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,50 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{362}{327} \times 100\% = 1,1\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 1,1\% = 99,9\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,60 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{426}{390} \times 100\% = 1,09\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 1,09\% = 98,91\%$$

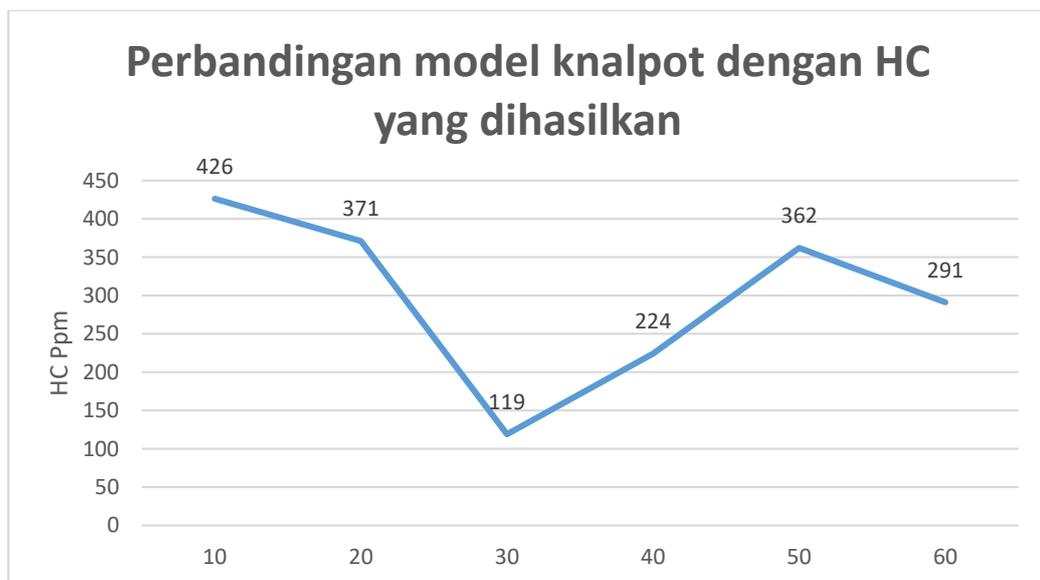
Tabel 4.8. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	HC	Pengukuran HC
		(%)	(%)
1	Ke 10	426	99,08
2	Ke 20	371	99,33
3	Ke 30	119	99,58
4	Ke 40	224	99,04
5	Ke 50	362	99,9
6	Ke 60	291	98,91

Kondisi HC pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder aluminium berdiameter 44mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,08% ,menit ke 20 99,33%, menit ke 30 terjadi penerunan sebesar 99,58%, menit ke 40 mengalami kenaikan sebesar 99,04%, menit ke 50 mengalami kenaikan 99,9% dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,91%.

Menurut penelitian yang telah dilakukan (Erman & Sugiarto, 2020) penurunan kandungan emisi gas buang berupa CO,CO<sub>2</sub>,dan HC telah berhasil dengan menggunakan bahan aluminium.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan diameter knalpot yang berbeda.



Gambar 4.8. Grafik model knalpot dengan HC yang dihasilkan

C. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (CO<sub>2</sub>) pada emisi gas buang.

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,10 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,3}{4,5} \times 100 \% = 0,95\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,95\% = 99,95\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,20 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,0}{4,2} \times 100 \% = 0,95\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,95\% = 99,95\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,30 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{6,4}{6,7} \times 100 \% = 0,94\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,94\% = 99,96\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,40 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,9}{4,8} \times 100 \% = 1,22\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 1,22\% = 98,78\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,50 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{8,1}{4,8} \times 100 \% = 1,68\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 1,68\% = 98,32\%$$

- Untuk kandungan (CO<sub>2</sub>) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder aluminium diameter 44mm,60 Menit

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,0}{4,1} \times 100 \% = 0,97\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

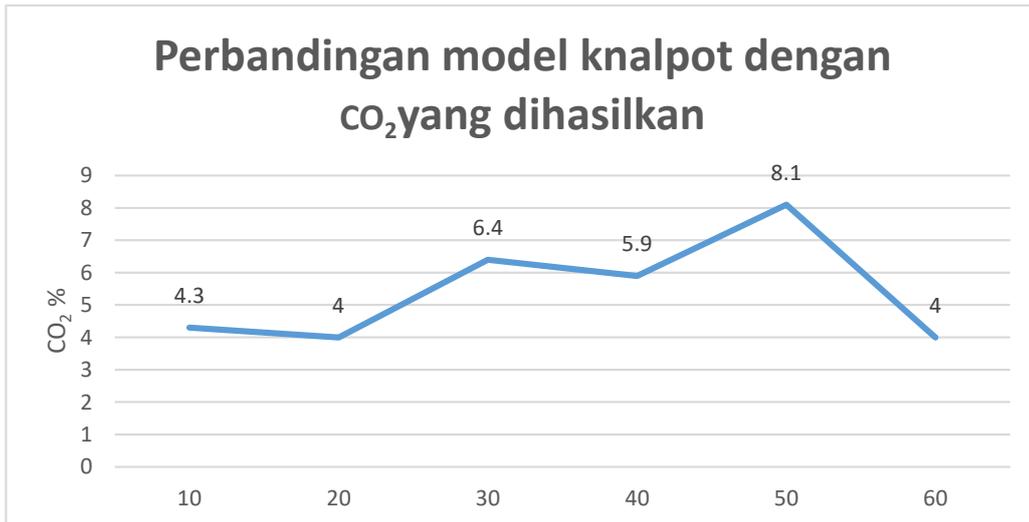
$$100\% - 0,97\% = 99,93\%$$

Tabel 4.9. Data persentase CO<sub>2</sub> pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	CO <sub>2</sub>	Pengukuran CO <sub>2</sub>
		(%)	(%)
1	Ke 10	4,3	99,95
2	Ke 20	4,0	99,95
3	Ke 30	6,4	99,96
4	Ke 40	5,9	98,78
5	Ke 50	8,1	98,32
6	Ke 60	4,0	99,93

Kondisi CO<sub>2</sub> pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder aluminium berdiameter 44mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,95 % , menit ke 20 menurun 99,95%, sedangkan menit ke 30 mengalami kenaikan sebesar 99,96%, menit ke 40 terjadi penurunan 98,78% menit ke 50 juga mengalami kenaikan 98,32%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 98,95 % .Menurut penelitian yang telah dilakukan (Erman & Sugiarto, 2020) penurunan kandungan emisi gas buang berupa CO,CO<sub>2</sub>,dan HC telah berhasil dengan menggunakan bahan aluminium.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan diameter knalpot yang berbeda.



Gambar 4.9. Grafik model knalpot dengan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data pada uji emisi gas buang dengan putaran rata-rata 4500 rpm, dengan suhu mesin 50°C hingga 91°C. Setelah pengujian model knalpot, kemudian model knalpot modifikasi menggunakan Silinder Aluminium berdiameter 40mm dan 44mm diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan pengujian kadar CO, HC dan CO<sub>2</sub> dengan menggunakan gas analyzer, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi rpm kendaraan bermotor maka semakin tinggi pula kadar CO, HC dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan kendaraan tersebut.
2. Hasil dari pengujian unsur carbon monoksida menurun (CO), hidrocarbon (HC) dan carbon dioksida menurun (CO<sub>2</sub>), maka yang paling baik untuk penurunan dan mengurangi bahaya emisi gas buang adalah knalpot *Modifikasi* menggunakan silinder berdiameter 44mm. jika dibandingkan dengan knalpot standar, unsur CO dimenit 10 turun hingga terjadi penurunan 99,03% , menit ke 20 99,15%, menit ke 30 menurun 99%, menit ke 40 menurun 99,09%, menit ke 50 menurun 99,21%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,14% pada putaran 4500 rpm, HC terjadi penurunan 99,08 % ,menit ke 20 naik 99,33%, sedangkan menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,58%, menit ke 40 99,04% menit ke 50 terjadi kenaikan 99,9%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 98,91 % pada putaran 4500 rpm. Unsur CO<sub>2</sub> yang terbaik adalah modifikasi knalpot menggunakan silinder aluminium 44mm di menit 10 terjadi penurunan 99,95 % , menit ke 20 turun 99,95%, sedangkan menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,96%, menit ke 40 terjadi kenaikan menjadi 98,78% menit ke 50 naik 98,32%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 99,93 % pada putaran 4500 rpm.
3. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa silinder aluminium hasil daur ulang skrap aluminium limbah pemesinan sebagai resonator

knalpot mampu mereduksi emisi gas buang melalui proses reaksi oksidasi.

## 5.2 Saran

Penelitian ini memiliki keunggulan dan kelemahan yang belum bisa di paparkan oleh penulis, adapun saran dan masukan dari penulis adalah :

1. Sebelum melakukan pengujian pada saat menaikkan putaran mesin (rpm) jangan lupa memperhatikan campuran udara dan bahan bakar karena itu mempengaruhi hasil pengujian gas buang.
2. Penelitian dan eksperimen selanjutnya dapat merekayasa knalpot dengan bentuk dan model lain serta menambahkan jenis bahan logam yang lain untuk penurunan emisi gas buang yang lebih efektif dan signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- (C.W. et al., 2023)Amalia, Y., Sudaryanto, S., Mardhatila, F. A., Kristiardi, R., & Kuncoro, Y. J. (2022). Paduan Aluminium Berdasarkan Sifat Mekanik. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 8(3), 722–732. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v8i3.2479>
- Busrah, N. L., Robert, J., & Lululangi, M. (2019). Fungsi Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar. *UNM Environmental Journals*, 2(1), 24. <https://doi.org/10.26858/uej.v2i1.9162>
- C.W., F. D., Emilia, R., P., G. G., & Indrayatna, F. (2023). Klasifikasi Tingkat Pencemaran Udara Kota Jakarta Tahun 2021 Menggunakan Algoritma Decision Tree. *Prosiding Nasional SNSA 2*, 127–131. <https://www.data.jakarta.go.id/>
- Corry, S. (2023). *Mengenal Aluminium: Pengertian, Sifat, hingga Daur Ulang*. Kids.Grid.Id.
- Erman, & Sugiarto. (2020). Upaya Penurunan Emisi Gas Buang pada Mesin Bensin Sistem Bahan Bakar Konvensional Menggunakan Catalytic Converter Aluminium untuk Kenyamanan Praktikum Efforts to Reduce Flue Gas Emissions in Gasoline Engines Conventional Fuel Systems Using Aluminum Plates. *TekTan Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*, 12(April), 1–64.
- Haruna, H., Lahming, L., Amir, F., & Asrib, A. R. (2019). Pencemaran Udara Akibat Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *UNM Environmental Journals*, 2(2), 57. <https://doi.org/10.26858/uej.v2i2.10092>
- Motor, A. (2020). *Cara Merawat Knalpot Motor Agar Tidak Mudah Rusak*. Www.Astramotor.Co.Id.
- Muhammad, F. (2021). *Apa Bedanya Leher Knalpot Motor Model Bending dan Las Cacing?* Gridoto.Com.
- Muhammad, M., Amin, B., & Sugiarto, T. (2018). Pengaruh Penggunaan Katalis Plat Tembaga Pada Knalpot Sepeda Motor Terhadap Kandungan Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC). *Automotive Engineering Education Journals*, 7(2), 1–12.
- Ningrat, A. A. W. K., Kusuma, I. G. B. W., & Wayan, I. (2016). *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Akselerasi*. 2(1), 59–67.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2006). Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006*, 53(9), 1689–1699.
- Permatasari, F. D., Hadisusanto, S., & Haryono, E. (2021). Emisi CO<sub>2</sub> Kendaraan Bermotor Periode Kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (Studi Kasus: Ruas Jalan Di Jakarta Pusat). *Ecolab*, 15(1), 31–44. <https://doi.org/10.20886/jklh.2021.15.1.31-44>
- Pertamina. (2020). Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG. *Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG*, 23.
- Sadyah, H., & Yogyakarta, U. M. (2019). *Analisis Dampak Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan*. June.
- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Affandi, A. (2021). Pemamfaatan logam sisa permesinan pada knalpot guna mengurangi pencemaran udara. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 32. <https://doi.org/10.29303/dtm.v11i1.369>

- Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Yani, M. (2019). Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 171–179.  
<https://doi.org/10.30596/rmme.v2i2.3672>
- Siswanto, Lagiyono, S. (2009). ANALISA EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR 4 TAK BERBAHAN BAKAR CAMPURAN PREMIUM DENGAN VARIASI PENAMBAHAN ZAT ADITIF. *Journal Teknik Mesin Fakultas Teknik, Univ Pancasakti Tegal*, 77, 84.
- Surdia, T., & Chijiwa, K. (1991). Teknik Pengecoran Logam, PT. *Pradnya Paramitha, Jakarta*, 20–31.
- Syahrani, A. (2006). Analisa Kerja Mesin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. *Jurnal SMARTek*, 4(4), 260–266.
- Syaief, A. N., Norsujianto, T., Maulana, R. R., & Maknunah, S. (2015). Pengaruh Exhaust Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Suzuki Smash Tahun 2007. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), 18.  
<https://doi.org/10.34128/je.v1i1.24>
- Syukron, M., & Gusti, R. M. A. (2021). Peleburan dan Pengecoran Aluminium A356 di CV.C-Maxi Alloy Aluminium, Kecamatan Umbulharjo, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 1–6.
- Taufik. (n.d.). *Fungsi Resonator di sistem Knalpot Sepeda Motor*. Teknologi Otomotif.
- Tri, C. (2017). *Penyehatan Udara* (ed. 1). Andi Offset.
- Utama, H. (2010). Pengaruh Penambahan Cu ( 1%, 3% dan 5% ) Pada Aluminium Dengan Solution Heat Treatment Dan Natural Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Wakhid, M. U. (2018). Analisis Dampak Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Co Di Uin Raden Intan Lampung. *Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung*, 1–124.
- Winarno, J. (2005). Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(55), 1–9.
- Winarno, J. (2013). Manfaat uji emisi kendaraan 2016. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Zein, K., & Sagaf, S. (2018). Analisis Paparan Kebisingan Pesawat Terbang di Bandara Babullah Ternate. *UNM Environmental Journals*, 1(2), 39.  
<https://doi.org/10.26858/uej.v1i2.8062>



# **LAMPIRAN**

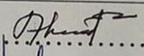
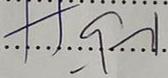
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Ruly Gunawan Dalimunthe

NPM : 1907230123

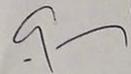
Judul Tugas Akhir : Silinder Berongga Dari Pemanfaatan Scrap Alumunium Limbah Permesinan Yang Digunakan Pada Knalpot Sepeda Motor Untuk Mengurangi Pencemaran Udara

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT	..... 
Pembanding – I : Dr. Suherman, MT	..... 
Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT	..... 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230128	FADLY ANDRIANSYAH BB	
2	1907230126	MUHAMMAD IRWAN SYAH	
3	1907230123	RULY GUNAWAN DALIMUNTHE	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 14 Sya'ban 1445 H  
24 Februari 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

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

---

Nama : Ruly Gunawan Dalimunthe  
NPM : 1907230123  
Judul Tugas Akhir : Silinder Berongga Dari Pemanfaatan Skrap Alumunium Limbah  
Permesinan Yang Digunakan Pada Knalpot Sepeda Motor Untuk  
Mengurangi Pencemaran Udara

Dosen Pembanding – I : Dr. Suherman, MT  
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
..... *Ukuk. & Skrap* .....

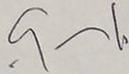
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

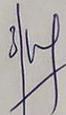
Medan, 14 Sya'ban 1445 H  
24 Februari 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT



Dr. Suherman, MT

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

---

Nama : Ruly Gunawan Dalimunthe  
NPM : 1907230123  
Judul Tugas Akhir : Silinder Berongga Dari Pemanfaatan Skrap Alumunium Limbah  
Permesinan Yang Digunakan Pada Knalpot Sepeda Motor Untuk  
Mengurangi Pencemaran Udara

Dosen Pembanding – I : Dr. Suherman, MT  
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

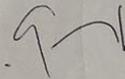
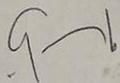
**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain : *lihat buku tugas akhir.*  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 14 Sya'ban 1445 H  
24 Februari 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

Chandra A Siregar, ST, MT

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

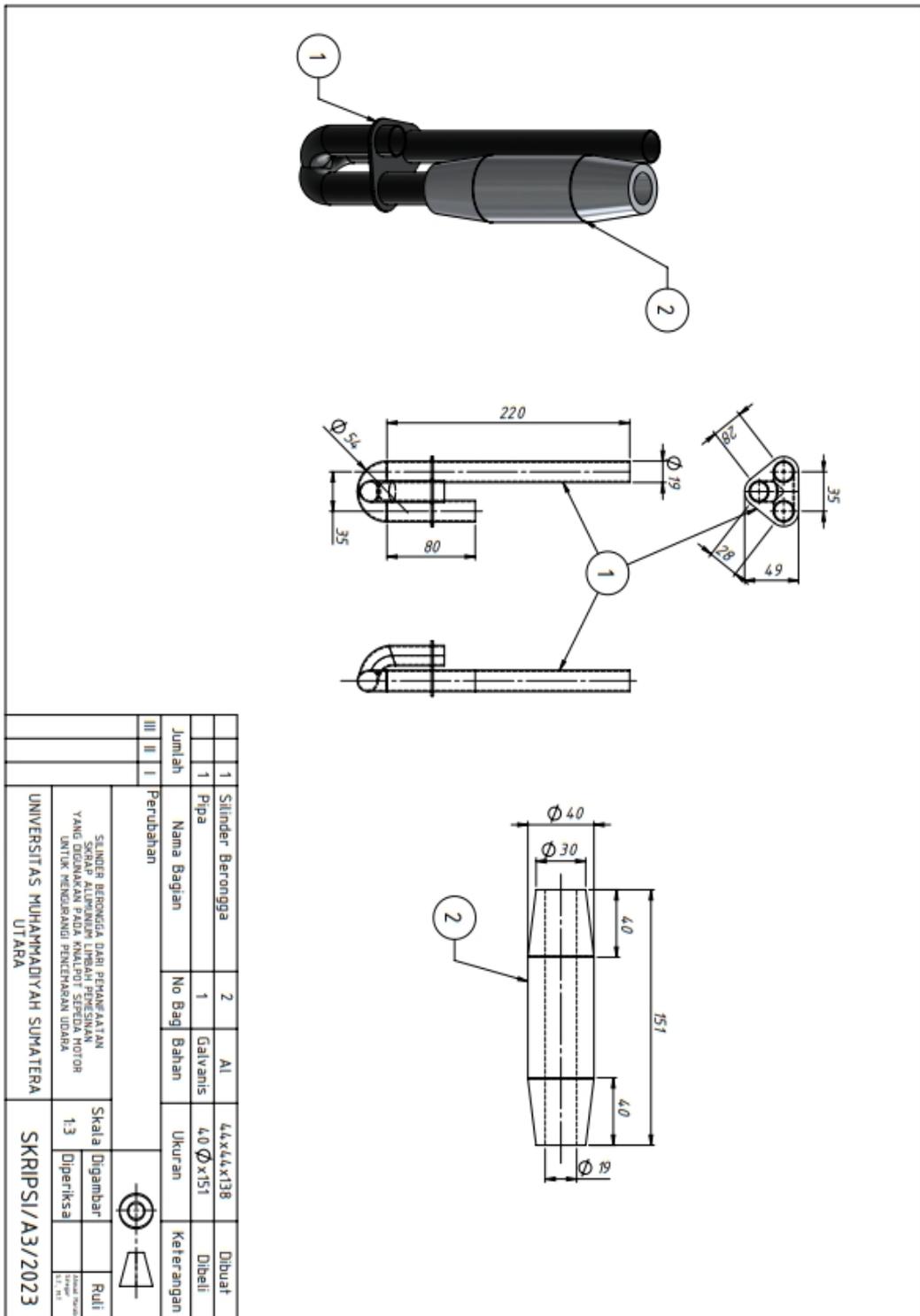
SILINDER BERONGGA DARI PEMANFAATAN SKRAP ALUMINIUM  
LIMBAH PEMESINAN YANG DIGUNAKAN PADA KNALPOT SEPEDA  
MOTOR UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN UDARA

Nama : Ruli Gunawan Dalimunthe  
NPM : 1907230123

Dosen Pembimbing : Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Kamis $\frac{27}{7}$ 23	Terima Surat pembimbing	AH.
2.	Kamis $\frac{10}{8}$ 23	perbaiki Bab 2 dan lanjut Bab 3	AH. AH.
3.	Senin $\frac{14}{8}$ 23	perbaiki prosedur	AH.
4.	Rabu $\frac{16}{8}$ 23	Ace, Persiapan Skripsi	AH.
5.	Rabu $\frac{24}{1}$ 24	perbaiki daftar isi perbaiki Bab 4	AH.
6.	Jumat $\frac{26}{1}$ 24	telitilagi, perbaiki	AH
7.	Sabtu $\frac{27}{1}$ 24	Ace, Persiapan SemHias	AH.
8.	Rabu $\frac{3}{7}$ 24	Ace, Persiapan sidang sarjana	AH.

# 1. Rancangan Alat Penelitian



2. Print out hasil uji emisi gas buang knalpot standar 40 mm  
➤ 10 Menit

40  
10

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 2:29  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 5.62 %  
HC : 423 ppm  
CO2 : 3.6 %  
O2 : 20.09 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

12.1

- 20 Menit

40  
20

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 2:38  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 3.37 %  
HC : 114 ppm  
CO2 : 5.0 %  
O2 : 17.34 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

13.3

➤ 30 Menit

40  
30

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 2:48  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 3.96 %  
HC : 152 ppm  
CO2 : 5.1 %  
O2 : 17.18 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

12,1

➤ 40 Menit

40  
40

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 2:58  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 3.48 %  
HC : 402 ppm  
CO2 : 5.4 %  
O2 : 13.45 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 1.803  
AFR : 26.5  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

13,1

➤ 50 Menit

50  
50

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 3:08  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 4.49 %  
HC : 193 ppm  
CO2 : 5.8 %  
O2 : 16.21 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

10.9

➤ 60 Menit

50  
60

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

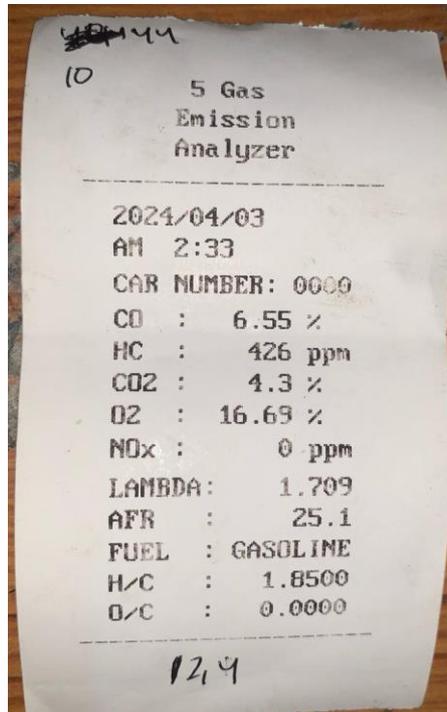
2024/04/03  
AM 3:19  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 5.74 %  
HC : 205 ppm  
CO2 : 6.5 %  
O2 : 14.10 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

12.8

3. Print out hasil uji emisi gas buang knalpot standar 44 mm

➤ 10 Menit



➤ 20 Menit



➤ 30 Menit

44  
30

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 2:53  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 4.44 %  
HC : 119 ppm  
CO2 : 6.4 %  
O2 : 15.23 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

12.2

➤ 40 Menit

44  
40

5 Gas  
Emission  
Analyzer

---

2024/04/03  
AM 3:03  
CAR NUMBER: 0000  
CO : 5.11 %  
HC : 224 ppm  
CO2 : 5.9 %  
O2 : 12.80 %  
NOx : 0 ppm  
LAMBDA: 2.000  
AFR : 0.0  
FUEL : GASOLINE  
H/C : 1.8500  
O/C : 0.0000

---

13.2

➤ 50 Menit



➤ 60 Menit



## DAFTAR RIWAYAT HIFUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : Ruly Gunawan Dalimunthe  
NPM : 1907230123  
Tempat/Tanggal Lahir : Padangsidempuan 25 July 2002  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Belum Kawin  
Alamat : Jl. Karya Bakti, Indra Kasih NO.122 C  
Kecamatan : Medan Tembung  
Kabupaten : Medan  
Provinsi : Sumatra Utara  
Nomor Hp : 082364246962  
E-mail : ruli.gunawan25@gmail.com  
Nama Orang Tua  
Ayah : Sori Gunung Dalimunthe  
Ibu : Marianna Sitompul

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2007-2013 : SDN 200113 Padangsidempuan  
2013-2016 : MTSN 1 Padangsidempuan  
2016-2019 : MAN 1 Padangsidempuan  
2019-2024 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara

