

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN LIMBAH TEMBAGA PEMESINAN YANG DIBENTUK SILINDER DIGUNAKAN PADA RESONATOR KNALPOT SEPEDA MOTOR UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN UDARA

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD IRWANSYAH
1907230126



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Irwansyah
NPM : 1907230126
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Tembaga Pemesinan Yang Dibentuk Silinder Digunakan Pada Resonator Knalpot Sepeda Motor Untuk Mengurangi Pencemaran Udara

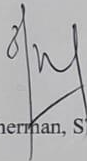
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

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, Januari 2024

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Penguji I



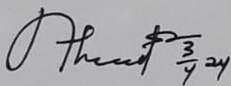
Dr. Suherman, S.T., MT

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 : Muhammad Irwansyah
Tempat /Tanggal Lahir : Pematang Cengkering 23 Juni 2001
NPM : 1907230126
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pemanfaatan Limbah Tembaga Pemesinan Yang Dibentuk Silinder Digunakan Pada Resonator Knalpot Sepeda Motor 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/kesarjanaan 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, Januari 2024

Saya yang menyatakan,



Muhammad Irwansyah

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 tembaga hasil daur ulang. Penelitian ini membandingkan hasil keluaran gas buang CO, HC dan CO₂ dari knalpot standar dan knalpot modifikasi penambahan silinder berbahan tembaga 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 tembaga dengan diameter 44mm jika dibandingkan dengan knalpot standar, unsur CO dimenit 10 turun terjadi penurunan hingga 99,83% , menit ke 20 99,7%, menit ke 30 menurun 99,29%, menit ke 40 menurun 99,44%, menit ke 50 menurun 99,6%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,39% pada putaran 4500 rpm, HC menit ke 10 terjadi penurunan 99,14 % , menit ke 20 turun 99,36%, sedangkan menit ke 30 mengalami kenaikan sebesar 99,36%, menit ke 40 naik menjadi 98,15% menit ke 50 turun 99,12%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 99,02 % pada putaran 4500 rpm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa modifikasi knalpot dengan menambahkan silinder berbahan tembaga dapat mengurangi kadar emisi gas buang pada kendaraan bermotor.

Kata Kunci : kendaraan bermotor, gas buang, polusi udara, silinder, tembaga

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 motorized vehicles by modifying the exhaust gas channels, namely by modifying the inside of the exhaust using cylinders made from recycled copper. This research compares the results of CO, HC and CO₂ exhaust gas output from standard exhausts and modified exhausts with the addition of copper 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 a copper cylinder with a diameter of 44mm when compared to the standard exhaust, the CO element at the 10th minute decreased to 99.83%, at the 20th minute it was 99.7%, at the 30th minute it decreased. 99.29%, the 40th minute decreased by 99.44%, the 50th minute decreased by 99.6%, and for the 60th minute the exhaust emissions decreased by 99.39% at 4500 rpm, HC in the 10th minute decreased by 99.14%, the 20th minute decreased by 99.36%, while the 30th minute increased by 99.36%, the 40th minute increased to 98.15%, the 50th minute decreased by 99.12%, and the 60th minute exhaust gas emissions There was a decrease of 99.02% at 4500 rpm. Thus it can be concluded that modifying the exhaust by adding a copper cylinder can reduce the level of exhaust emissions in motorized vehicles. Keywords: motor vehicles, exhaust gases, air pollution, cylinders, copper

Keywords: motor vehicles, exhaust gases, air pollution, cylinders, copper

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Tidakada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun yang jatuh tanpa izin-nya. Alhamdulillah atas izin-nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“PEMANFAATAN LIMBAH TEMBAGA PEMESINAN YANG DIBENTUK SILINDER DIGUNAKAN PADA RESONATOR KNALPOT SEPEDA MOTOR 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.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih 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 Pembimbing 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 Pembimbing 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: Amri dan Marahani, 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 teknik.

Medan,.....

Muhammad Irwansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Emisi Gas Buang	4
2.1.1 Kandungan Emisi Gas Buang	5
2.1.2 Sumber Polusi Kendaraan Bermotor	6
2.1.3 Rumus Emisi Gas Buang	7
2.1.4 Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor	7
2.1.5 Dampak Pencemaran Udara	7
2.1.6 Dampak Pada Kesehatan	8
2.2. Knalpot	8
2.2.1. Jenis – Jenis Knalpot	8
2.1.2. Bagian Bagian Knalpot	9
2.3. Panduan Tembaga	
101	
2.3.1. Karakteristik Tembaga	11
2.3.2 Skrap Tembaga	11
2	
2.4. Bahan Bakar Minyak (BBM)	12
2.5. Bahan-Bahan Untuk Pembuatan Pola (inti)	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tempat Dan Waktu	14
3.1.1 Tempat Penelitian	14
3.2 Bahan Dan Alat	14
3.1.2 Bahan penelitian	14
3.2.2 Alat Penelitian	15

3.3 Bagian Alir Penelitian	20
3.4 Pembuatan Silinder Berongga (Pengecoran)	21
3.4.1 Tahapan Pembuatan	21
3.5 Prosedur Pengujian	26
3.5.1 Pengujian	27
3.5.1.1 Pengujian Knalpot Standar	27
3.5.2. Tahapan Pengujian	27
3.5.2.1 Pengujian Knalpot Standar	27
3.5.2.2 Pengujian Knalpot Modifikasi Silinder Tembaga 40mm	30
3.5.2.3 Pengujian Knalpot Modifikasi Silinder Tembaga 44mm	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Tahap Penyelesaian	34
4.2.1 Presentasi dan penurunan emisi menggunakan silinder tembaga diameter 40mm	36
4.2.2 Presentasi dan penurunan emisi menggunakan silinder tembaga diameter 44mm	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Header Knalpot	9
Gambar 2.2 Resonator Knalpot	10
Gambar 2.3 Silencer Knalpot	10
Gambar 2.4 Skrap Tembaga	12
Gambar 3.1 Leptop yang dilengkapi dengan <i>software solidworks</i>	15
Gambar.3.2 Sepeda motor honda beat <i>Fi</i>	17
Gambar 3.3 Mesin las Asetilin	17
Gambar 3.4 Gas Analyzer	18
Gambar 3.5 Probe	18
Gambar 3.6 Scanner <i>Fi</i>	18
Gambar 3.7 Anemometer	19
Gambar 3.8 Diagram alir penelitian	20
Gambar 3.9 Knalpot Standar Beat	21
Gambar 3.10 Proses pembelahan knalpot	22
Gambar 3.11 Bagian dalam resonator knalpot standar	22
Gambar 3.12 Core (inti)	23
Gambar 3.13 Pembuatan Cetakan	23
Gambar 3.14 Pembuatan Inti (Rongga)	24
Gambar 3.15 Penuangan logam cair kedalam cetakan	24
Gambar 3.16 Silinder berongga yang sudah dicetak	25
Gambar 3.17 Proses pembubutan	25
Gambar 3.18 Silinder berongga dari pemanfaatan skrap tembaga	26
Gambar 3.19 Knalpot standar yang telah dimodifikasi	26
Gambar 3.20 Sepeda Motor Beat	28
Gambar 3.21 Socket DLC (data link conector)	28
Gambar 3.22 Pengukuran rpm dengan <i>Fi Scanner</i>	29
Gambar 3.23 Pengukuran kecepatan angin gas buang	29
Gambar 3.24 Pengujian emisi gas buang dengan menggunakan Gas Analyzer	29
Gambar 3.25 Knalpot modifikasi menggunakan silinder berongga 40mm	30
Gambar 3.26 Proses pemasangan knalpot	30
Gambar 3.27 Pengukuran rpm dengan <i>Fi scanner</i>	31
Gambar 3.28 Pengukuran kecepatan angin gas buang	31
Gambar 3.29 Pengujian pada kenalpot modifikasi	32
Gambar 3.30 Knalpot modifikasi menggunakan silinder berongga 44mm	32
Gambar 4.1. Grafik model knalpot dengan CO yang di hasilkan	34
Gambar 4.2. Grafik model knalpot dengan HC yang dihasilkan	35
Gambar 4.3. Grafik model knalpot dengan CO ₂ yang dihasilkan	35
Gambar 4.4. Grafik perbandingan model knalpot dengan CO yang di hasilkan	39
Gambar 4.5. Grafik perbandingan model knalpot dengan HC yang dihasilkan	41

Gambar 4.6. Grafik perbandingan model knalpot dengan CO ₂ yang dihasilkan	44
Gambar 4.7. Grafik model knalpot dengan CO yang di hasilkan	46
Gambar 4.8. Grafik model knalpot dengan HC yang dihasilkan	49
Gambar 4.9. Grafik model knalpot dengan CO ₂ yang dihasilkan	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor	7
Tabel 2.2. Dampak Gas Emisi Terhadap Kesehatan	8
Tabel 2.3. Spesifikasi BBM Pertalite	13
Tabel 3.1. Jadwal dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	14
Tabel 4.1. Hasil pengujian knalpot standar	34
Tabel 4.2. Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder tembaga 40mm	36
Tabel 4.3. Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder tembaga 44mm	36
Tabel 4.4. Data persentase CO pada emisi dan penurunan emisi gas buang	38
Tabel 4.5. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang	40
Tabel 4.6. Data persentase CO ₂ pada emisi dan penurunan emisi gas buang	43
Tabel 4.7. Data persentase CO pada emisi dan penurunan emisi gas buang	45
Tabel 4.8. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang	48
Tabel 4.9. Data persentase CO ₂ pada emisi dan penurunan emisi gas buang	50

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
CO	Karbon Monoksida	%
HC	Hydrocarbon	ppm
CO ₂	Karbon Dioksida	%
NO _x	Nitrogen Monoksida	%
O ₂	Oksigen	%
H ₂ O	Uap Air	%
n	Putaran Mesin	Rpm
SO _x	Oksida-oksida Sulfur	%
NO _x	Oksida-oksida Nitrogen	%
Pb	Partikulat dan Timbal	%
SO ₂	Sulfur Oksida	%
NO	Nitrogen Oksida	%

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang begitu cepat memberikan dampak positif dan negatif diberbagai aspek kehidupan salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah kendaraan sepeda motor. Proses pembakaran pada sepeda motor tidak sepenuhnya berlangsung sempurna, pembakaran tidak sempurna apabila oksigen tidak cukup untuk membakar bahan bakar sepenuhnya menjadi karbondioksida (CO_2) dan (H_2O), tentunya akan menyebabkan efesiensi motor bakar menjadi berkurang. Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) sebagai bahan bakar masih menjadi pilihan utama untuk menjalankan siklus pembakaran sebuah motor bakar, konsumsi bahan bakar minyak nasional di tahun 2016 menurut data Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) pada 2016 meningkat dari tahun sebelumnya. Salah satu penggunaan bahan bakar minyak (BBM) adalah dibidang transportasi dimana pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia semakin meningkat, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia di tahun 2017 sebanyak 138 juta atau mengalami peningkatan 7,40 %tiap tahun pada periode 2013-2017 (pusat, statistik, 2017).

Hal ini akan sangat merugikan dan berdampak pada lingkungan apabila sektor terbesar penggunaan energi memiliki efesiensi yang masih rendah dan salah satunya menurunnya kualitas bahan bakar minyak pada motor bakar yang disebabkan oleh adanya degradasi bahan bakar sehingga kualitas pembakaran motor bakar menjadi tidak sempurna. salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas pembakaran agar mendekati ideal memerlukan bahan bakar dengan kualitas yang baik atau dengan menambahkan sebuah alat yang dapat memaksimalkan proses pembakaran menjadi sempurna. Dengan proses pembakaran sempurna pada motor bakar akan dapat menghambat terjadinya degradasi bahan bakar minyak, meningkatkan performa mesin dan meminimalisir dampak bagi lingkungan karena emisi gas buang. Karena emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor antara lain hidrokarbon (HC), karbon monoksida

(CO), oksida nitrogen (NO_x), karbondioksida (CO_2) dan partikular tersebut apabila bertambah banyak akan merusak kondisi lingkungan seperti pemanasan global. Untuk mengatasi masalah menurunnya kualitas bahan bakar dan efisiensi pembakaran yang rendah ada banyak cara yang bisa dilakukan salah satunya cara dengan memodifikasi pembakaran dari motor bakar seperti dengan cara penambahan alat fuel catalisator pada bahan bakar minyak di motor bakar untuk meningkatkan kualitas pembakaran dengan memperbaiki perbandingan udara dan bahan bakar agar mendekati ideal. Fuel catalisator yang bekerja untuk dapat mempercepat atau meningkatkan terjadinya suatu reaksi kimia dari proses pembakaran yang tidak mempengaruhi keadaan akhir kesetimbangan reaksi dan komposisi kimia (Rahayu & Purnavita, 2008).

Salah satu cara untuk mengurangi masalah pencemaran lingkungan yaitu dengan menciptakan sebuah terobosan baru dibidang pembaharuan lingkungan yang diharapkan dapat membantu meminimalisir polusi udara. Gas buang disalurkan terlebih dahulu ke dalam peredam suara atau muffler didalam knalpot. Gas buang merupakan sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam mesin. Gas buang dapat berdampak negatif bagi lingkungan seperti pencemaran udara. Untuk mengurangi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh gas buang tersebut maka perlu dilakukan modifikasi pada saluran buang atau knalpot, sehingga partikel-partikel gas buang yang mengakibatkan polusi udara dapat diminimalisir. Dari permasalahan tersebut peneliti tertarik untuk mengangkat kedalam sebuah penelitian dengan judul "Pemanfaatan Skrap Tembaga Guna mengurangi Emisi Gas Buang pada Kendaraan.

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

1.2 Rumusan Masalah

Dengan latar belakang ini, pertanyaannya adalah bagaimana cara mengurangi jumlah gas berbahaya seperti CO, HC dan CO_2 , yang terkandung dalam gas buang kendaraan bermotor, dan bagaimana penggunaan resonator yang sudah

dimodifikasi menggunakan silinder yang dibuat dengan mendaur ulang limbah tembaga 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 standar sebagai data perbandingan.
2. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil emisi gas buang kendaraan sepeda motor dengan knalpot yang sudah di tambahkan limbah skrap tembaga yang merupakan hasil modifikasi dengan berbentuk silinder berongga.
3. Pengujian emisi gas buang knalpot modifikasi menggunakan silinder berongga berdiameter 40mm dan 44mm.
4. Kecepatan putaran mesin diatur hingga 4500 rpm.
5. Bahan bakar penelitian menggunakan pertalite.

1.4 Tujuan

Sesuai dengan paparan diatas, penelitian ini bertujuan :

1. Mendaur ulang skrap tembaga limbah pemrosesan sebagai resonator knalpot sepeda motor melalui proses pengecoran.
2. Menganalisa apakah tembaga dapat menurunkan kadar karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan karbon dioksida (CO₂) pada emisi gas buang kendaraan melalui proses reaksi 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 tembaga terhadap kandungan emisi gas buang dan di harapkan penulis dapat mengaplikasi ilmu yang didapat selama kegiatan perkuliahan
2. Memberikan referensi bagi pengguna kendaraan bermotor dengan adanya penambahan limbah tembaga pada saluran gas dalam sepeda motor yang dapat mengurangi kadar emisi gas buang.

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 (CO_2), uap air (H_2O), Oksigen (O_2) dan Nitrogen (N_2). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (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 (SO_2) dan logam berat (Pb). (Winarno, 2005).

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).

Zat kimia tersebut dalam jumlah yang berlebih dapat menyebabkan perubahan tatanan komposisi udara normal di lingkungan. Perubahan tersebut menimbulkan pencemaran udara dan dapat mengganggu kesehatan manusia. Senyawa karbon yang berlebih di atmosfer dapat menyebabkan pemanasan global. Emisi gas buang akan terus mengalami peningkatan seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan bermotor. Meningkatnya kendaraan bermotor yang beroperasi menyebabkan semakin banyak emisi gas buang yang dikeluarkan. Kondisi tersebut, menyebabkan

peningkatan konsentrasi pencemarnya dan dikhawatirkan membahayakan kesehatan manusia. Penyakit yang ditimbulkan akibat emisi gas buang kendaraan bermotor adalah gangguan saluran pernafasan, gangguan organ dalam, gangguan syaraf, gangguan reproduksi, menurunkan kecerdasan anak serta dapat menimbulkan kematian (Muziansyah, Sulistyorini, & Sebayang, 2015).

2.1.1 Kandungan Emisi Gas Buang

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

1. CO₂ (Karbon Dioksida)

Gas CO₂ merupakan gas yang tidak berwarna maupun berbau, CO₂ didapat dari perpaduan bahan bakar dan oksigen yang seimbang sehingga menghasilkan CO₂.

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 O₂ sehingga terbentuklah CO karena pembakaran yang tidak sempurna.

3. SO₂ (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. H₂O

H₂O merupakan hasil dari reaksi pembakaran pada ruang bakar. Kadar air yang keluar dari ruang pembakaran mengindikasikan sejauh mana kualitas bahan bakar yang digunakan. Semakin besar uap air yang dihasilkan maka, semakin bersih emisi yang dihasilkan.

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 (Ahmad Marabdi Siregar, Siregar, & Yani, 2019) Ada empat sumber polusi yang berasal dari kendaraan bermotor yaitu:

1. Silinder 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 (Kemen LH No.5 tahun, 2006)

Katagori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode
		CO (%VOL)	HC (ppm)	Uji
Sepeda motor 2 Langkah	< 2010	4,5	12000	Ildc
Sepeda motor 4 Langkah	< 2010	5,5	2400	Ildc
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	≥ 2010	4,5	2000	Idle

2.1.3 Rumus Emisi Gas Buang (Siregar et al., 2019)

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

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

3. Rumus Presentase Penurunan Emisi

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

2.1.4 Dampak Gas Buang Kendaraan Bermotor

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 kangker (Wakhid, 2018)

2.1.5 Dampak Pencemaran Udara

Dalam undang-undang No. 23 Tahun 1997 menerangkan mengenai pengertian polusi udara merupakan masuknya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara oleh aktivitas manusia, sehingga baku melampaui mutu udara yang telah ditetapkan (mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak bisa memenuhi fungsinya). Pencemaran udara

merupakan masuknya atau tercampunya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan sehingga menurunkan kualitas udara dalam lingkungan. (Presiden Republik Indonesia, 1999)

2.1.6 Dampak Pada Kesehatan

Tabel 2.2 Dampak Gas Emisi Terhadap Kesehatan WHO-Europe 2004 (Siregar et al., 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 ₂ (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 merupakan bagian exhaust pada motor yang dirancang untuk jalur pembuangan gas sisa pembakaran motor bakar. Exhaust sistem atau sering disebut knalpot ini memiliki peranan penting dalam Fungsi dari knalpot (muffler) adalah sebagai peredam suara dan mengatur arah aliran gas-gas hasil pembakaran agar mengalir dengan teratur. Pengaturan gas yang baik dapat meningkatkan tenaga yang dihasilkan oleh mesin. Sehingga setiap motor dirancang dengan knalpot yang sesuai dengan kapasitas mesin. Apabila desain tidak tepat maka akan terjadi penurunan tenaga yang dihasilkan mesin. Knalpot dapat meningkatkan perfoma mesin sekitar 10%-30% tenaga. (Rohim et al., 2023)

2.2.1. Jenis – Jenis Knalpot

Menurut (Syaief, Norsujianto, Maulana, & Maknunah, 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

Header 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 dalam ruang bakar suatu kendaraan bermotor. (Ahmad Marabdi Siregar et al., 2022)



Gambar 2.1 Header Knalpot (Motogokil, 2014)

2. Resonator Knalpot

Resonator berupa ruang tersekat / kamar partisi yang ditanam didalam tabung silencer dimana dinding tersebut dibuat berlubang dan dibalut glass wool padat, perban anti panas/ exhaust wrap dei titanium fiber. Resonator harus mampu mengalirkan debit gas asap buang sebesar yang dikeluarkan mesin motor, oleh karena itu, harus ada estimasi kalkulasi debit aliran gas buang/asap tersebut.(A. Graham Bell. Haynes publishing)



Gambar 2.2 Resonator Knalpot.(A. Graham Bell. Haynes publishing)

3. Silencer Knalpot

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, sedangkan pada roda 4 biasanya resonator berada di bagian kolong mobil, sedangkan silencer berada terpisah.



Gambar 2.3 Silencer Knalpot(Honda,2022)

2.3 Tembaga

Tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur 1083 °C, titik didih 2310 °C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu²⁺ 0,96 Å. Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup. Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terserap maupun pada

fase gas atau cair. Isoterm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva berupa plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan. Isoterm adsorpsi merupakan hal yang mendasar dalam penentuan kapasitas dan afinitas adsorpsi suatu adsorbat pada permukaan adsorben (Nugroho, Makhrojan, & Supriyadi, 2017)

Penggunaan tembaga terbesar adalah untuk kabel listrik (60%), atap dan perpipaan (20%) dan mesin industri (15%). Tembaga biasanya digunakan dalam bentuk logam murni, tapi ketika dibutuhkan tingkat kekerasan lebih tinggi maka biasanya dicampur dengan elemen lain untuk membentuk alloy. Sebagian kecil tembaga juga digunakan sebagai suplemen nutrisi dan fungisida dalam pertanian.

Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu (Amiruddin & Lubis, 2018)

2.3.1. Karakteristik Tembaga

Menurut (Erwin, 2023) ada beberapa karakteristik tembaga yaitu :

a. Sifat Fisik Tembaga

Tembaga memiliki sifat fisik sebagai berikut:

1. Warna: merah muda atau oranye
2. Massa jenis: 8,96 g/cm³
3. Titik leleh: 1085 °C
4. Titik didih: 2562 °C
5. Struktur kristal: kubik berpusat pada muka
6. Konduktivitas listrik: 59,6 x 10⁶ S/m
7. Konduktivitas termal: 401 W/m.K
8. Kekerasan Mohs: 3
9. Ulet: dapat ditempa dan dibentuk menjadi lembaran atau kawat
10. Bersinar: dapat dipoles hingga mengkilap

b. Sifat Kimia Tembaga

Tembaga memiliki sifat kimia sebagai berikut:

1. Reaktivitas: rendah, tidak bereaksi dengan air atau udara kering
2. Oksidasi: dapat teroksidasi oleh udara lembab menjadi lapisan hijau yang disebut patina ($\text{Cu}_2\text{O}\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$) yang melindungi logam dari korosi lebih lanjut
3. Reduksi: dapat direduksi oleh gas hidrogen menjadi tembaga murni (Cu)
4. Senyawa: dapat membentuk senyawa biner dengan unsur lain seperti oksigen (CuO), sulfur (CuS), karbon (Cu_2C), nitrogen (Cu_3N), dan halogen (CuCl, CuBr, CuI)

2.3.2 Skrap Tembaga

Skrup Tembaga terdiri dari sisa pembuatan dan konsumsi produk seperti sisa pembubutan bau M12. 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 Tembaga(palar,2004)

2.4. 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 Peralite diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi BBM Peralite (Pertamina, 2020)

No	Kandungan	Keterangan
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 ³ minimal 715 kg/m ³ (pada 15°C)
7	Penampilan	: Jernih dan terang

2.5. 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 tembaga pada saluran gas dalam sepeda motor untuk mengurangi pencemaran udara ini adalah di Laboratorium .

Adapun waktu pelaksanaan Analisa pemanfaatan skrap tembaga 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

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 Bahan Dan Alat

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.

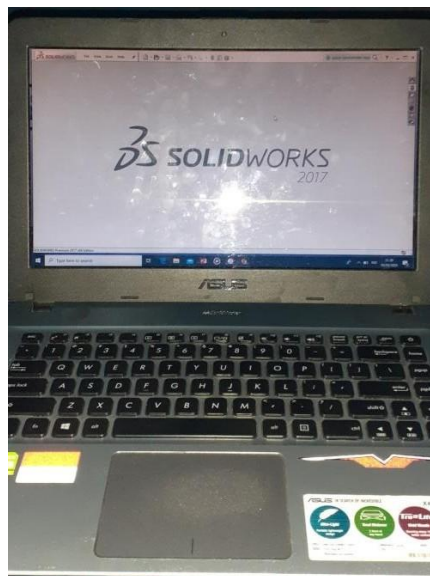
Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kertas untuk gambar sketsa dan print out gambar rancangan silinder berongga pemanfaatan skrap tembaga dimodifikasi serta direkayasa. Kertas juga diperlukan untuk mencatat saat penelitian.
2. Cetakan pasir, Skrap tembaga 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 tembaga, 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. Laptop 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 ³
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 standar dan knalpot 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 (CO_2), Karbon monoksida (CO), dan Hidro Carbon (HC).



Gambar 3.4 Gas Analyzer

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



Gabar 3.5 Probe

7. Scanner Fi untuk mengukur putaran mesin.



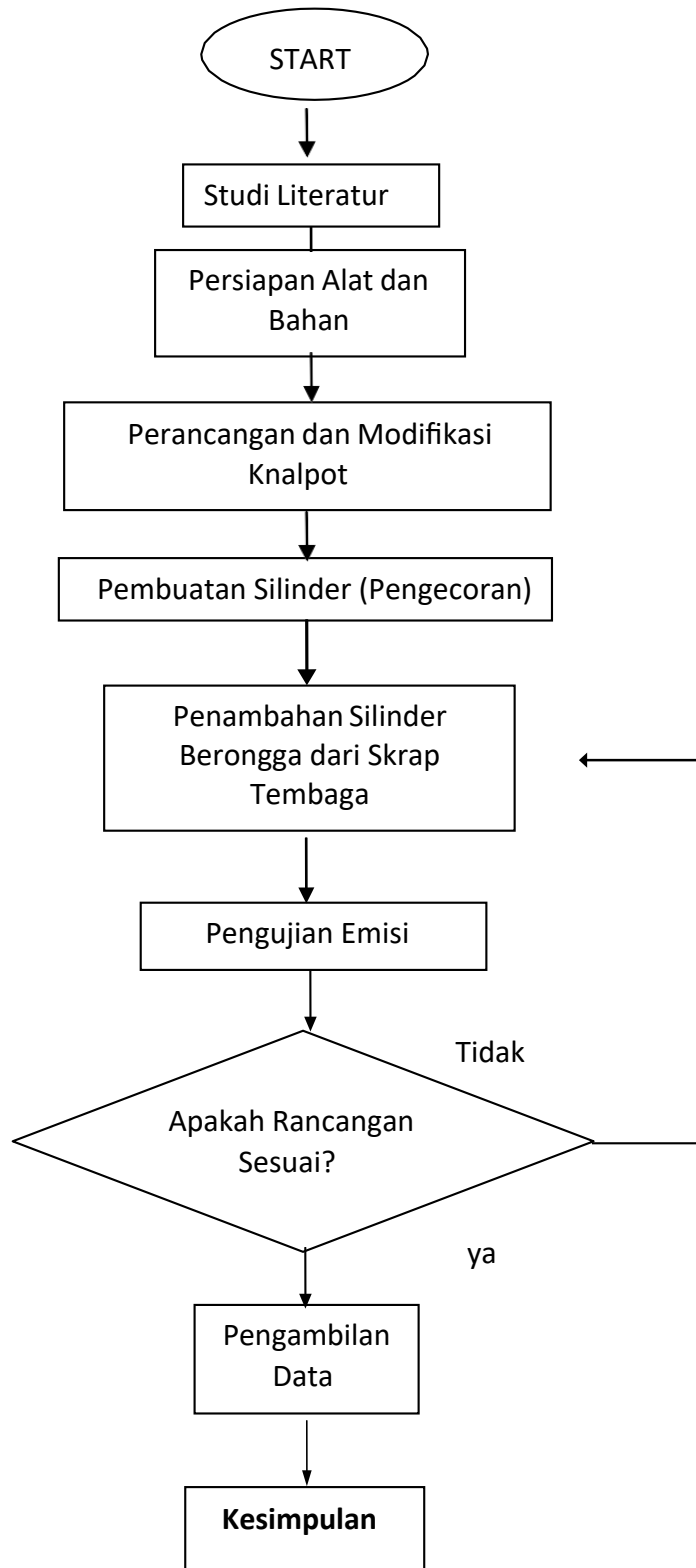
Gambar 3.6 Scanner Fi

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



Gambar 3.7 Anemometer

3.3 Bagian Alir Penelitian



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian

3.4. Pembuatan Silinder Berongga (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 Tembaga
8. Penuangan Tembaga 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

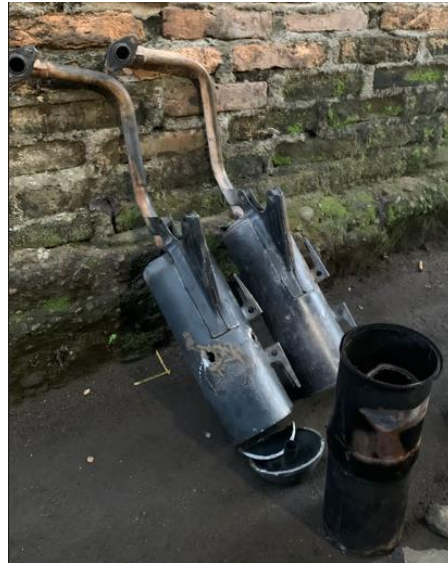
1. Knalpot Standar



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 berongga.



Gambar 3.10 Proses pembelahan knalpot

a. Bagian dalam resonator knalpot standar

Bagian dalam resonator knalpot standar 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)

3. Proses pembuatan Silinder berongga dari skrap tembaga limbah pemesinan

a. 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 berongga 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 berongga dari pemanfaatan skrap tembaga

g. Penggabungan 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 di hasilkan oleh antara knalpot standar dengan knalpot rekayasa yang sudah di tambahkan pipa berongga dari pemanfaatan skrap tembaga 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 tembaga untuk mengurangi emisi gas buang).

Pengujian dan analisa data pada uji emisi gas buang ini akan diatur variable terikat terikatnya dengan putaran mesin ± 4500 rpm, dan dengan suhu mesin 50°C hingga 60°C . setelah pengujian model knalpot standar, kemudian knalpot rekayasa yang dimodifikasi silinder berongga dari pemanfaatan skrap tembaga 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 dimasukan kedalam knalpot untuk menghubungkan ke gas analyzer
4. Menunggu ± 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 ± 4500 rpm
7. Mengukur kecepatan angin gas buang.
8. Mengukur panas pangkal tabung knalpot.
9. Implementasi dan menguji pada knalpot standar.
10. Masukan probe ke knalpot
11. Perhatikan gas analyzer, baca data emisi gas buang yang diprin-out.
12. Catat data untuk diolah atau dianalisa.
13. Buka knalpot standar.

3.5.2. Tahapan Pengujian

3.5.2.1 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

3.5.2.2. Pengujian knalpot modifikasi menggunakan silinder tembaga 40mm

Dengan memodifikasi bagian katalis knalpot menggunakan silinder berongga dari pemanfaatan skrap tembaga berdiameter 40mm, dengan tahapan sebagai berikut:

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



Gambar 3.25 Knalpot modifikasi menggunakan silinder berongga 40mm

2. Pemasangan knalpot yang telah dimodifikasi pada sepedamotor 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 inchi.



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

3.5.2.3 Pengujian knalpot modifikasi menggunakan silinder tembaga 44mm

Dengan memodifikasi bagian katalis knalpot menggunakan silinder berongga dari pemanfaatan scrap tembaga berdiameter 44mm, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan knalpot yang telah dimodifikasi menggunakan silinder berongga tembaga berdiameter 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

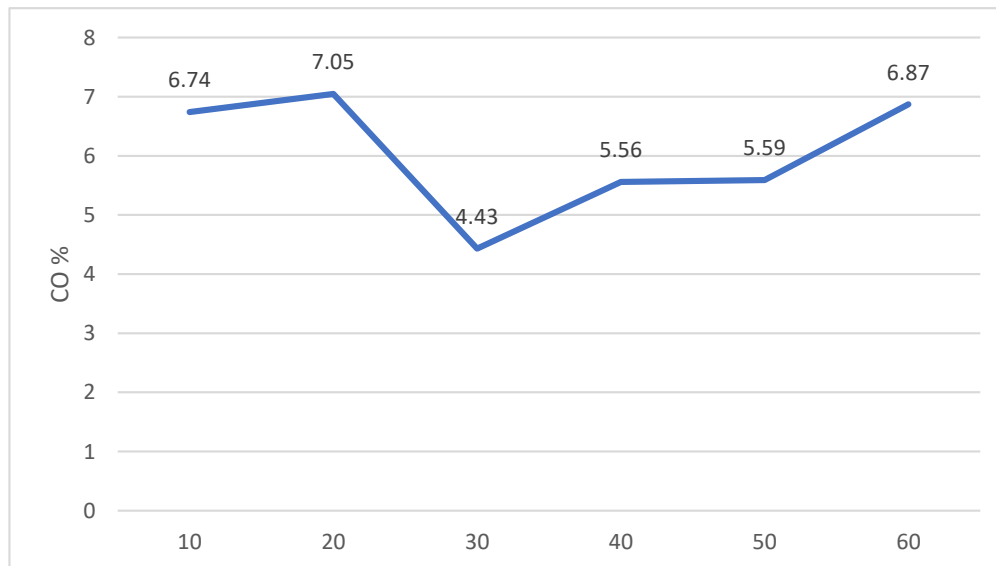
4.1. Hasil Penelitian

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

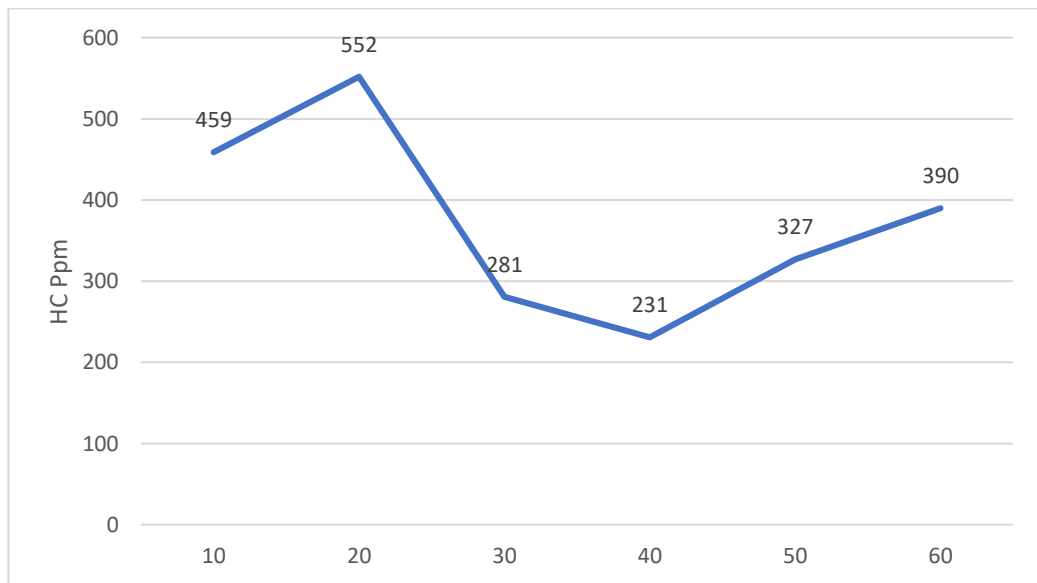
No.	Waktu Menit	Putaran Mesin Rpm	Kecepatan angin gas buang m/s	Suhu Mesin °C	Carbon monoksida (CO) %	Hidro carbon (HC) Ppm	Carbon dioksida (CO ₂) %
1	Ke 10	4500	12,5	69°	6,74	459	4,5
2	Ke 20	4500	13	73°	7,05	552	4,2
3	Ke 30	4500	10,6	75°	4,43	281	6,7
4	Ke 40	4500	10,3	78°	5,56	231	4,8
5	Ke 50	4500	11,2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



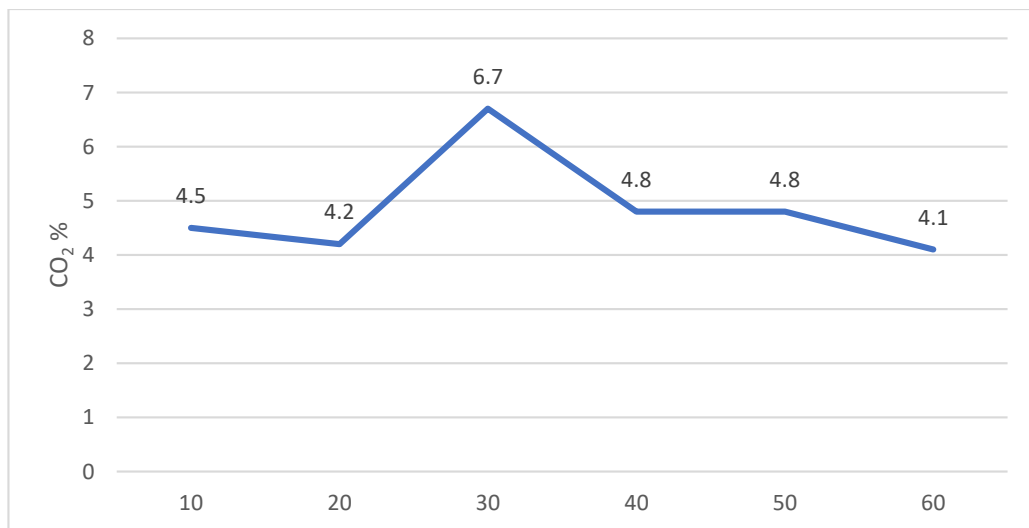
Gambar 4.1. Grafik model knalpot standar dengan CO yang di hasilkan

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 CO₂ yang dihasilkan



Gambar 4.3. Grafik model knalpot standar dengan CO₂ yang di hasilkan

Tabel 4.2 Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder tembaga 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 ₂) %
1	Ke 10	4500	5,7	59°	2,08	395	2,0
2	Ke 20	4500	11,8	65°	1,76	375	3,7
3	Ke 30	4500	11,3	69°	1,13	258	3,5
4	Ke 40	4500	12,4	73°	4,24	260	4,3
5	Ke 50	4500	10,7	75°	5,08	401	1,8
6	Ke 60	4500	11,9	78°	5,28	337	3,3

Tabel 4.3 Hasil pengujian knalpot modifikasi penambahan silinder tembaga 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 ₂) %
1	Ke 10	4500	9,5	60°	1,21	396	6,3
2	Ke 20	4500	9,9	67°	2,18	358	5,1
3	Ke 30	4500	13,4	65°	3,16	347	3,6
4	Ke 40	4500	11,3	79°	3,13	379	2,3
5	Ke 50	4500	11,5	86°	2,27	291	5,1
6	Ke 60	4500	12,6	91°	4,23	385	5,2

4.2. Pembahasan Penelitian

4.2.1 Presentasi dan penurunan emisi menggunakan silinder diameter 40mm

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

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

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

- a. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (CO) pada emisi gas buang knalpot modifikasi dengan silinder tembaga diameter 40mm.

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 10

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{2,08}{6,74} \times 100 \% = 0,30\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,30\% = 99,7\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 20

- Presentasi Emisi = $\frac{1,76}{7,05} \times 100 \% = 0,24\%$

Penurunan CO adalah:

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

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 30

- Presentasi Emisi = $\frac{1,13}{4,43} \times 100 \% = 0,25\%$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,25\% = 99,75\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 40

- Presentasi Emisi = $\frac{4,24}{5,56} \times 100 \% = 0,76\%$

Penurunan CO adalah:

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

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 50

- Presentasi Emisi = $\frac{5,08}{5,59} \times 100 \% = 0,90\%$

Penurunan CO adalah:

$$100\% - 0,90\% = 99,1\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 60

- Presentasi Emisi = $\frac{5,28}{6,87} \times 100 \% = 0,76\%$

Penurunan CO adalah:

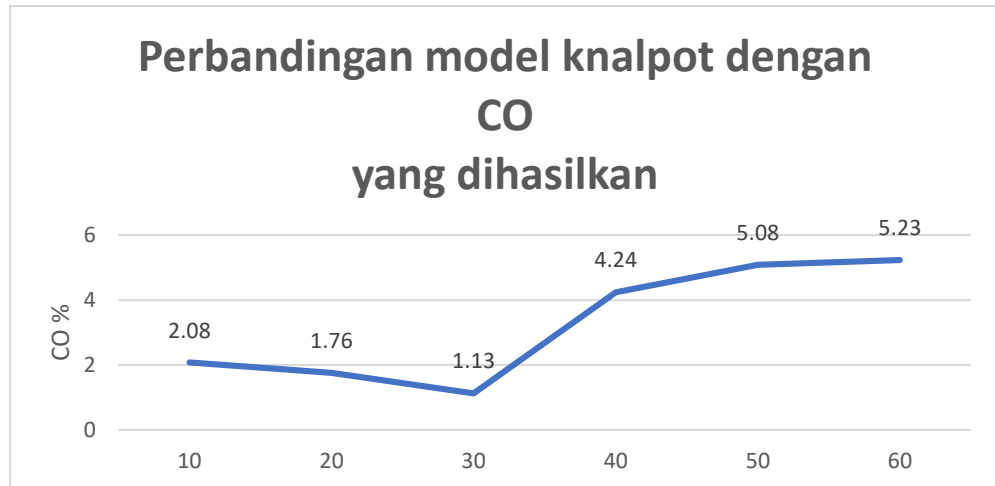
$$100\% - 0,76\% = 99,24\%$$

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

NO	Waktu	CO	Pengukuran CO
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	2,08	99,7
2	Ke 20	1,76	99,76
3	Ke 30	1,13	99,75
4	Ke 40	4,24	99,24
5	Ke 50	5,08	99,1
6	Ke 60	5,28	99,24

Kondisi CO pada emisi gas buang dengan knalpot modifikasi dengan silinder tembaga berdiameter 40mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,7% , menit ke 20 99,76%, menit ke 30 menurun 99,75%, menit ke 40 menurun 99,24%, menit ke 50 menurun 99,1%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,24%. Menurut (Muhammad et al., 2018) menurunnya kandungan emisi gas CO pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO sehingga gas buang karbon monoksida apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi CO_2 , bahwa pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar $300^{\circ}C$ tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO yang berwarna hitam.

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 knalpot modifikasi dengan silinder tembaga diameter 40mm.

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 10

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{395}{459} \times 100 \% = 0,86\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

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

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 20

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{375}{552} \times 100 \% = 0,67\%$$

Penurunan HC adalah:

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

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 30

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{258}{281} \times 100 \% = 0,91\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

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

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 40

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{260}{231} \times 100 \% = 1,12\%$$

Penurunan HC adalah:

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

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 50

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{401}{327} \times 100 \% = 1,22\%$$

Penurunan HC adalah:

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

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 60

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{337}{390} \times 100 \% = 0,86\%$$

Penurunan HC adalah:

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

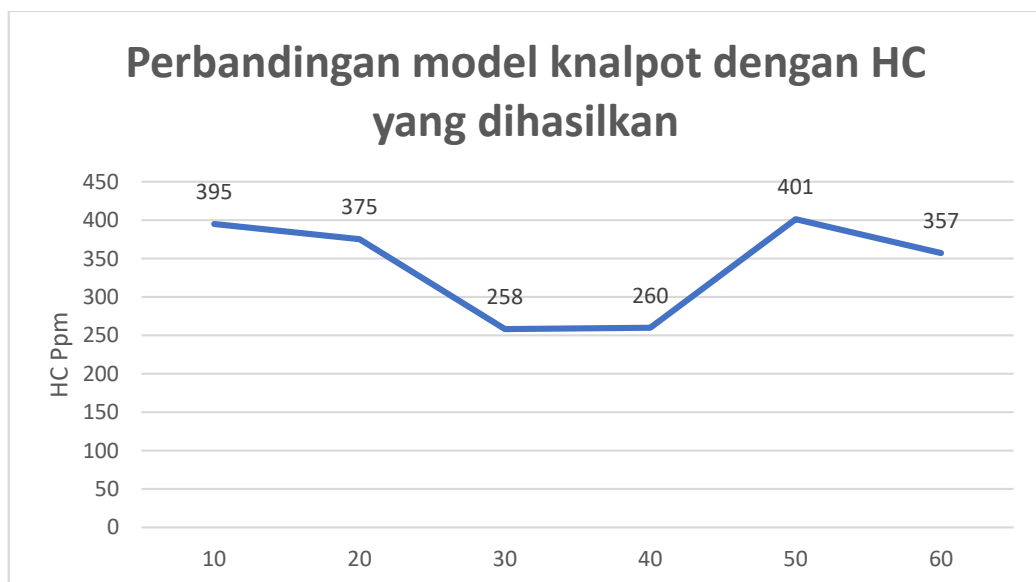
Tabel 4.5. Data persentase HC pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	HC	Pengukuran HC
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	395	99,14
2	Ke 20	375	99,33
3	Ke 30	258	99,09
4	Ke 40	260	98,88
5	Ke 50	401	98,78
6	Ke 60	337	99,14

Kondisi HC pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder tembaga berdiameter 40mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,14% ,menit ke 20 99,33%, menit ke 30 terjadi kenaikan sebesar 99,09%, menit ke 40 juga mengalami kenaikan sebesar 98,88%, menit ke 50 mengalami penurunan 99,78% dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,14%. Menurut

(Muhammad et al., 2018) menurunnya kandungan emisi gas HC pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO sehingga gas buang hidrokarbon apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi H_2O , pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar $300^{\circ}C$ tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO yang berwarna hitam.

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_2) pada emisi gas buang knalpot modifikasi dengan silinder tembaga diameter 40mm.

- Untuk kandungan (CO_2) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 10

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

Penurunan emisi CO_2 adalah:

$$100\% - 0,4\% = 99,6\%$$

- Untuk kandungan (CO_2) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 20

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,7}{4,2} \times 100 \% = 0,88\%$$

Penurunan CO₂ adalah:

$$100\% - 0,88\% = 99,12\%$$

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 30

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,5}{6,7} \times 100 \% = 0,52\%$$

Penurunan emisi CO₂ adalah:

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

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 40

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,5}{4,8} \times 100 \% = 0,93\%$$

Penurunan CO₂ adalah:

$$100\% - 0,93\% = 99,07\%$$

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 50

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{1,8}{4,8} \times 100 \% = 0,37\%$$

Penurunan CO₂ adalah:

$$100\% - 0,37\% = 99,63\%$$

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 60

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,3}{4,1} \times 100 \% = 0,80\%$$

Penurunan HC adalah:

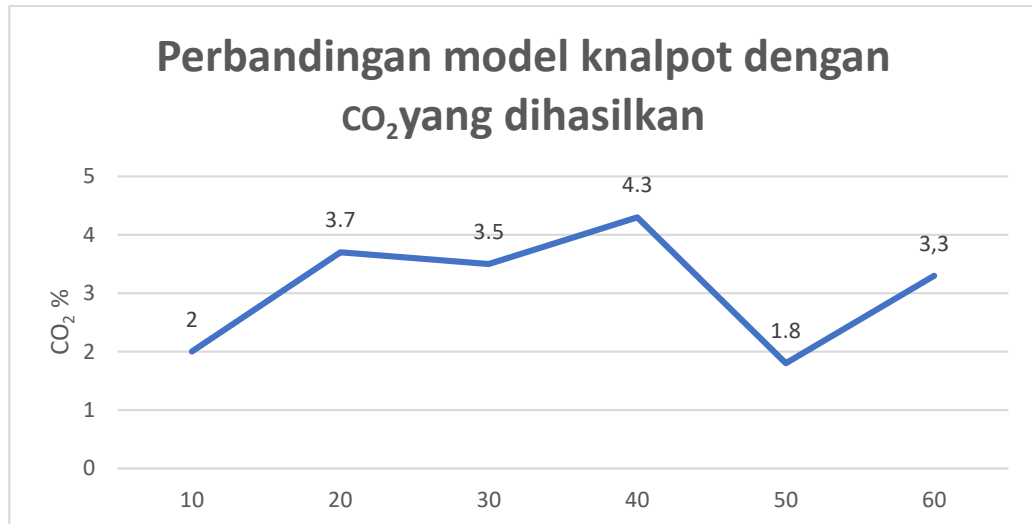
$$100\% - 0,80\% = 99,2\%$$

Tabel 4.6. Data persentase CO₂ pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	CO ₂	Pengukuran CO ₂
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	2,0	99,6
2	Ke 20	3,7	99,12
3	Ke 30	3,5	99,48
4	Ke 40	4,3	99,07
5	Ke 50	1,8	99,63
6	Ke 60	3,3	99,2

Kondisi CO₂ pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder tembaga berdiameter 40mm menit ke 10 terjadi kenaikan 99,6 % , menit ke 20 turun 99,12%, sedangkan menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,48%, menit ke 40 naik 99,07% menit ke 50 turun 99,63%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 99,2 %. Menurut (Muhammad et al., 2018) menurunnya kandungan emisi gas CO₂ pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO sehingga gas buang karbon monoksida apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi CO, yang mengemukakan bahwa Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar 300°C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO yang berwarna hitam.

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 CO₂ yang dihasilkan

4.2.2 Presentasi dan penurunan emisi menggunakan silinder tembaga diameter 44mm

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

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

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

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

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 10

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{1,21}{6,74} \times 100 \% = 0,17\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

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

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 20

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{2,18}{7,05} \times 100 \% = 0,30\%$$

Penurunan CO adalah:

$$100\% - 0,30\% = 99,7\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 30

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,16}{4,43} \times 100 \% = 0,71\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

$$100\% - 0,71\% = 99,29\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 40

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,13}{5,56} \times 100 \% = 0,56\%$$

Penurunan CO adalah:

$$100\% - 0,56\% = 99,44\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 50

- $\text{Presentasi Emisi} = \frac{2,27}{5,59} \times 100 \% = 0,40\%$

Penurunan CO adalah:

$$100\% - 0,40\% = 99,6\%$$

- Untuk kandungan (CO) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 60

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{4,23}{6,87} \times 100 \% = 0,61\%$$

Penurunan CO adalah:

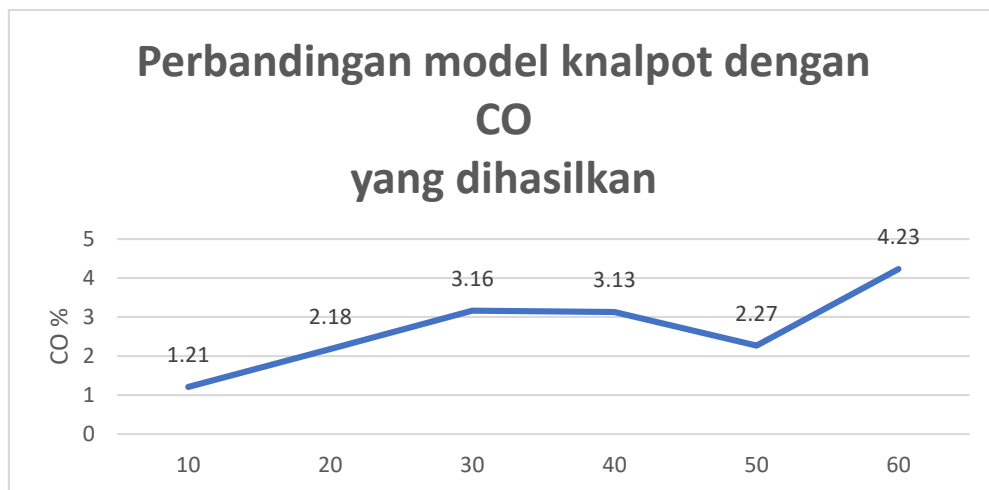
$$100\% - 0,61\% = 99,39\%$$

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

NO	Waktu	CO	Pengukuran CO
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	1,21	99,83
2	Ke 20	2,18	99,7
3	Ke 30	3,16	99,29
4	Ke 40	3,13	99,44
5	Ke 50	2,27	99,6
6	Ke 60	4,23	99,39

Kondisi CO pada emisi gas buang dengan knalpot modifikasi dengan silinder tembaga berdiameter 48mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,83% , menit ke 20 naik 99,7%, menit ke 30 menurun 99,29%, menit ke 40 menurun 99,44%, menit ke 50 menurun 99,6%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,39%. Menurut (Muhammad et al., 2018) menurunnya kandungan emisi gas CO pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO sehingga gas buang karbon monoksida apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi CO_2 , bahwa pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar $300^{\circ}C$ tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk C_uO yang berwarna hitam.

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 yang di hasilkan

- b. Perentase dan penurunan unsur carbon monoksida (HC) pada ada emisi gas buang knalpot modifikasi dengan silinder tembaga diameter 44mm.
 - Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 10

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{396}{459} \times 100 \% = 0,86\%$$

Penurunan emisi CO adalah:

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

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 20

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{358}{552} \times 100\% = 0,64\%$$

Penurunan HC adalah:

$$100\% - 0,64\% = 99,36\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 30

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{347}{281} \times 100\% = 0,64\%$$

Penurunan emisi HC adalah:

$$100\% - 0,64\% = 99,36\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 40

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{379}{231} \times 100\% = 1,64\%$$

Penurunan HC adalah:

$$100\% - 1,64\% = 98,36\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 50

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{291}{327} \times 100\% = 0,88\%$$

Penurunan HC adalah:

$$100\% - 0,88\% = 99,12\%$$

- Untuk kandungan (HC) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 60

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{385}{390} \times 100\% = 0,98\%$$

Penurunan HC adalah:

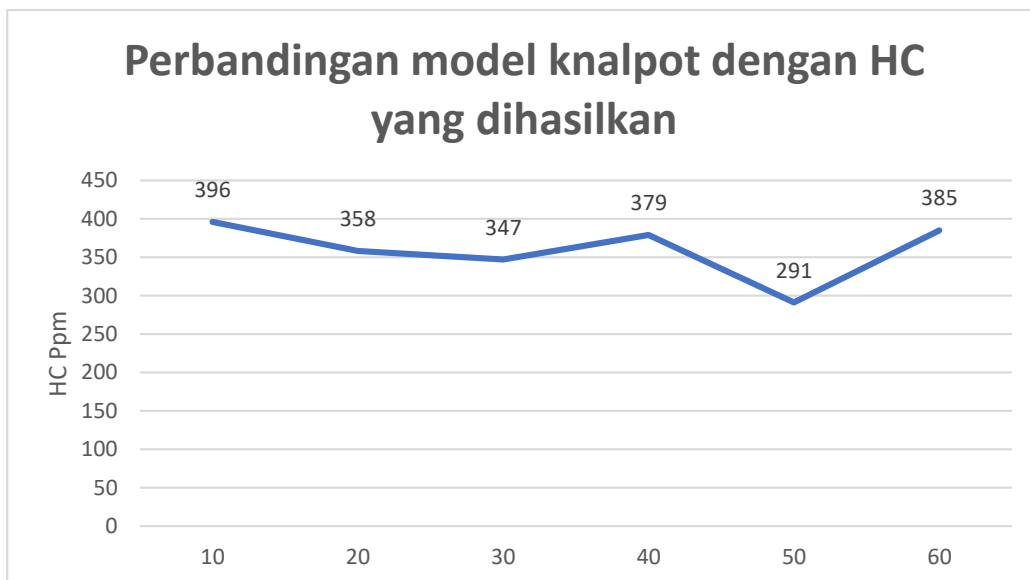
$$100\% - 0,98\% = 99,02\%$$

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

NO	Waktu	HC	Pengukuran HC
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	396	99,14
2	Ke 20	358	99,36
3	Ke 30	347	99,36
4	Ke 40	379	98,15
5	Ke 50	291	99,12
6	Ke 60	385	99,02

Kondisi HC pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder tembaga berdiameter 44mm menit ke 10 terjadi penurunan 99,14% ,menit ke 20 menurun 99,36%, hal serupa terjadi dimenit ke 30 terjadi menurun 99,36%, menit ke 40 mengalami kenaikan sebesar 98,15%, menit ke 50 mengalami penurunan 99,12% dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,02%. Menurut (Muhammad et al., 2018) menurunnya kandungan emisi gas HC pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO sehingga gas buang hidrokarbon apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi H_2O , pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar $300^{\circ}C$ tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam.

Untuk melihat lebih jelas, maka data disajikan dalam bentuk greafik 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_2) pada emisi gas buang knalpot modifikasi dengan silinder tembaga diameter 44mm.

- Untuk kandungan (CO_2) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 10

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{6,3}{4,5} \times 100 \% = 1,4\%$$

Penurunan emisi CO_2 adalah:

$$100\% - 1,4\% = 98,6\%$$

- Untuk kandungan (CO_2) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 20

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,1}{4,2} \times 100 \% = 1,21\%$$

Penurunan CO_2 adalah:

$$100\% - 1,21\% = 98,79\%$$

- Untuk kandungan (CO_2) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 30

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{3,6}{6,7} \times 100 \% = 0,53\%$$

Penurunan emisi CO_2 adalah:

$$100\% - 0,53\% = 99,47\%$$

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 40

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{2,3}{4,8} \times 100\% = 0,47\%$$

Penurunan CO₂ adalah:

$$100\% - 0,47\% = 99,09\%$$

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 50

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,1}{4,8} \times 100\% = 1,06\%$$

Penurunan CO₂ adalah:

$$100\% - 1,06\% = 98,94\%$$

- Untuk kandungan (CO₂) yang ada pada emisi dalam pengujian knalpot modifikasi dengan silinder tembaga menit ke 60

$$\text{Presentasi Emisi} = \frac{5,2}{4,1} \times 100\% = 1,26\%$$

Penurunan HC adalah:

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

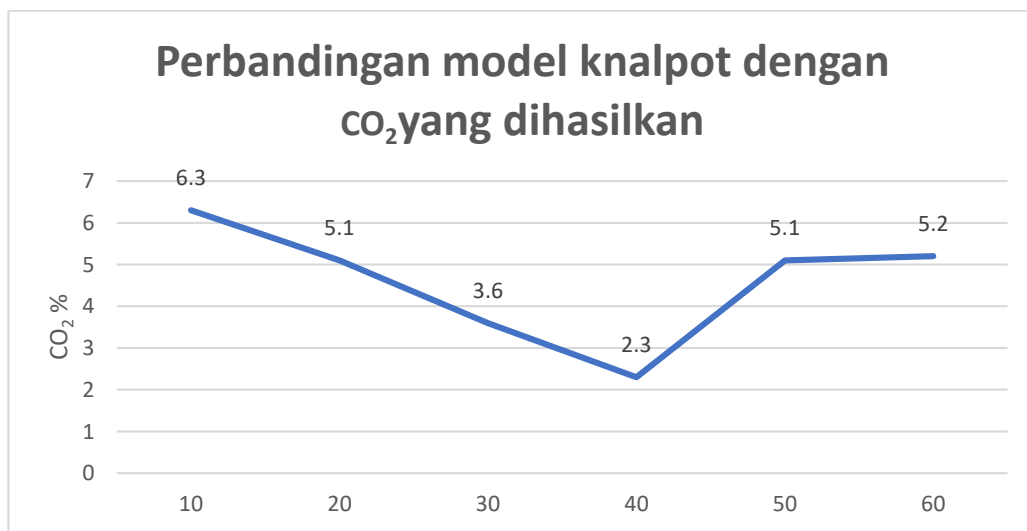
Tabel 4.9. Data persentase CO₂ pada emisi dan penurunan emisi gas buang

NO	Waktu	CO ₂	Pengukuran CO ₂
	Menit	(%)	(%)
1	Ke 10	6,3	98,6
2	Ke 20	5,1	98,79
3	Ke 30	3,6	99,47
4	Ke 40	2,3	99,09
5	Ke 50	5,1	98,94
6	Ke 60	5,1	98,74

Kondisi CO₂ pada emisi gas buang dengan knalpot dimodifikasi dengan silinder tembaga berdiameter 44mm menit ke 10 terjadi kenaikan 98,6% , menit ke 20 menurun 98,79%, sedangkan menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,47%, menit ke 40 menurun 99,09% menit ke 50 naik 98,94%, dan menit ke 60

emisi gas buang terjadi penurunan 98,74 %. Menurut (Muhammad et al., 2018) menurunnya kandungan emisi gas CO₂ pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk Cu₂O sehingga gas buang karbon monoksida apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi CO, yang mengemukakan bahwa Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar 300°C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk Cu₂O yang berwarna hitam.

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 CO₂ yang dihasilkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5,1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian tentang data hasil penelitian di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan pengujian kadar CO, HC dan CO₂ dengan menggunakan gas analyzer, dapat disimpulkan bahwa sepeda motor yang menggunakan knalpot modifikasi silinder tembaga menunjukkan angka gas buang CO, HC dan CO₂ yang rendah sehingga dikatakan baik dibandingkan dengan menggunakan knalpot standar.
2. Hasil dari pengujian unsur carbon monoksida menurun (CO), hidrocarbon (HC) dan carbon dioksida menurun (CO₂), maka yang paling baik untuk penurunan dan mengurangi bahaya emisi gas buang adalah knalpot *Modifikasi* menggunakan silinder tembaga berdiameter 44mm. jika dibandingkan dengan knalpot standar, unsur CO di menit 10 turun hingga terjadi penurunan 99,83% , menit ke 20 menurun 99,7%, menit ke 30 menurun 99,29%, menit ke 40 menurun 99,44%, menit ke 50 menurun 99,6%, dan untuk menit ke 60 pada emisi gas buang terjadi penurunan 99,39% pada putaran 4500 rpm, HC terjadi penurunan 99,14 % , menit ke 20 menurun 99,36%, menit ke 30 ,mengalami kenaikan sebesar 99,36%, menit ke 40 naik 98,15% menit ke 50 terjadi penurunan 99,12%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 99,02 % pada putaran 4500 rpm. Unsur CO₂ yang terbaik adalah modifikasi knalpot menggunakan silinder tembaga 40mm di menit 10 terjadi penurunan 99,6 % , menit ke 20 turun 99,12%, menit ke 30 mengalami penurunan sebesar 99,48%, menit ke 40 99,07% menit ke 50 turun 99,63%, dan menit ke 60 emisi gas buang terjadi penurunan 99,2 % pada putaran 4500 rpm.
3. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa silinder tembaga hasil daur ulang skrap tembaga 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

- Pusat, statistik, B. (2017). *STATISTIK TRANSPORTASI DARAT 2017*. (subdirectorate of transportation statistics, Ed.). BPS RI.
- Rahayu, S. S., & Purnavita, S. (2008). *Kimia Industri Jilid 2. Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Winarno, J. (2005). Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(55), 1–9.
- Muziansyah, D., Sulistyorini, R., & Sebayang, S. (2015). Model of Vehicle Gases Emissions in Transportation Activity. *Journal of Civil and Design Engineering*, 3(1), 57–70.
- Syahrani, A. (2006). Analisa Kerja Mesin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. *Jurnal SMARTek*, 4(4), 260–266. Retrieved from <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/446/383>
- Siregar, Ahmad Marabdi, 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>
- 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.
- 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.
- Presiden Republik Indonesia. (1999). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. *Demographic Research*, 4–7.
- Rohim, S., Lathifudin, A., Hidayat, S., Sasmito, C. P., Saputra, T. J., & Studi, P. (2023). Pengaruh Penggunaan Knalpot Standart Dengan Racing Terhadap Torsi Dan Daya Sepeda Motor Yamaha Aerox 155CC Tahun 2018. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)*, 2(3), 166–174. Retrieved from <https://doi.org/10.55606/juprit.v2i3.2134>
- Motogokil. (2014). Rancang Ulang Header Knalpot” Maksimalkan Pembuangan NVL Racing Indoprix. Retrieved March 12, 2024, from <https://motogokil.com/2014/02/27/rancang-ulang-header-knalpot-maksimalkan-pembuangan-nvl-racing-indoprix-draft-5/>
- A. Graham Bell. Haynes publishing, ISBN 185 960 4358. Spark ford, Yeovil,Somerset BA227JJ.UK

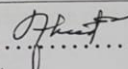

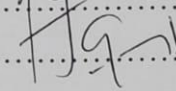
- Nugroho, P. D., Makhrojan, A., & Suprihadi, A. (2017). Pengaruh Tegangan Terhadap Kekerasan Lapisan Dengan Electroplating Tembaga Pada Plat Baja ST-7. *Jurnal TA Electroplating*, 1–7.
- Amiruddin, A., & Lubis, F. A. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Tembaga Dengan. *Jurnal Ilmiah “MEKANIK” Teknik Mesin ITM*, 4(2), 93–99. Retrieved from <https://jurnal.mesin.itm.ac.id/index.php/jm/article/view/79/68>
- Erwin, W. (2023). Tembaga: Pengertian, Karakteristik, dan Manfaat. Retrieved March 10, 2024, from <https://bloglab.id/pengertian-tembaga/>
- Pertamina. (2020). Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG. *Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG*, 23.
- Surdia, T., & Chijiwa, K. (1991). Teknik Pengecoran Logam, PT. *Pradnya Paramitha, Jakarta*, 20–31.
- 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.
- Ahmad Marabdi Siregar., C A Siregar., & M.Yani (2019). ” *Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara*”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol.2, No.2, September 2019, 171-179, Doi : <http://doi.org/10.30596/nmme.v2i2.3672>.
- Syaief, A. N., Norsujianto, T., Maulana, R. R., & Makhnunah, 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>




LAMPIRAN

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

Peserta seminar

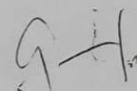
Nama : Muhammad Irwansyah
 NPM : 1907230126
 Judul Tugas Akhir : Silinder Berongga Dari Pemanfaatan Skrap Tembaga Limbah Pemesinan
 Yang Digunakan Pada Knalpot Sepeda Motor Untuk Mengurangi
 Pencemaran Udara

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	1907230123	Rully GUNAWAN OLT	
2	1907230125	Fady Andriansyah B.B	
3	1907230126	MUHAMMAD IRWANSYAH	
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 : Muhammad Irwansyah
NPM : 1907230126
Judul Tugas Akhir : Silinder Berongga Dari Pemanfaatan Skrap Tembaga Limbah Pemesinan
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 :

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

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

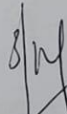
Medan, 14 Sya'ban 1445 H
24 Februari 2024 M

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 : Muhammad Irwansyah
NPM : 1907230126
Judul Tugas Akhir : Silinder Berongga Dari Pemanfaatan Skrap Tembaga Limbah Pemesinan
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 hasil akhir.....
.....
.....

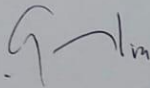
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

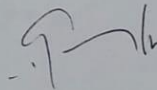
Medan 14 Sya'ban 1445 H
24 Februari 2024 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Chandra A Siregar, ST, MT

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

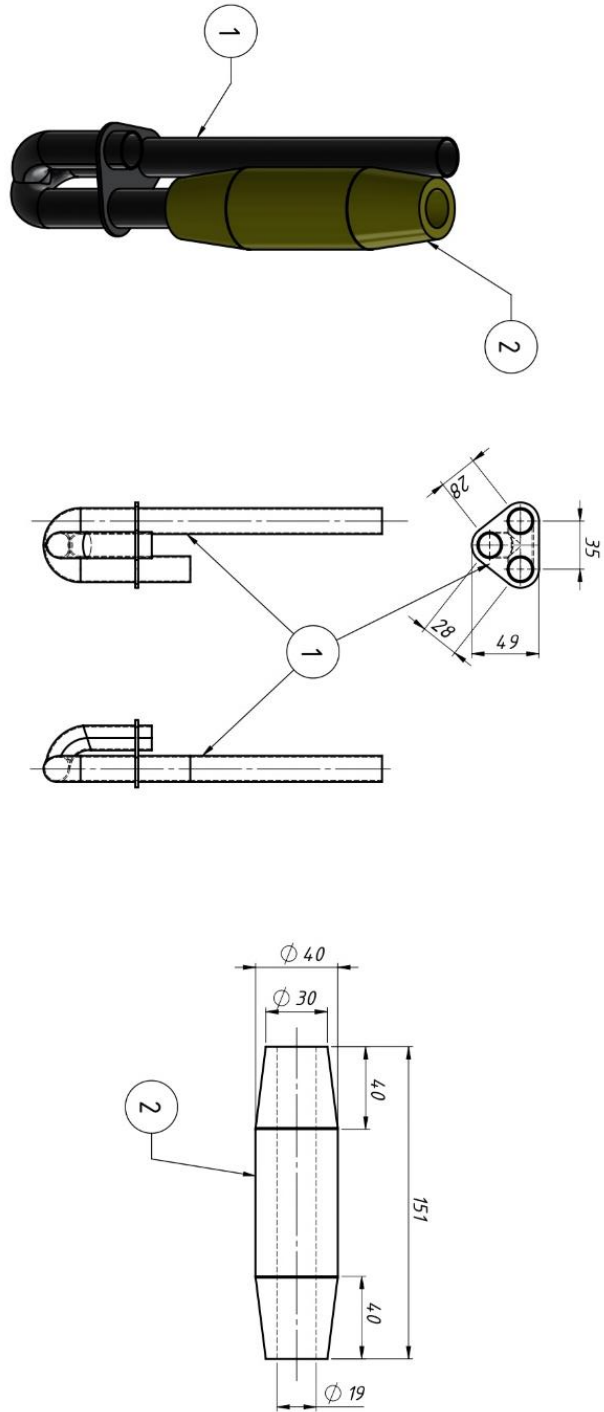
SILINDER BERONGGA DARI PEMANFAATAN SKRAP TEMBAGA
 LIMBAH PEMESINAN YANG DIGUNAKAN PADA KNALPOT SEPEDA
 MOTOR UNTUK MENGURANGI PENCEMARAN UDARA



Nama : Muhammad Irwansyah
 NPM : 1907230126

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Kamis $\frac{27}{7}$ 23	tema Surat Bimbingan	AH
2.	Kamis $\frac{10}{8}$ 23	perbaiki Bab 2, lanjut ke Bab 3	AH
3.	Senin $\frac{14}{8}$ 23	perbaiki prosedur	AH
4.	Rabu $\frac{16}{8}$ 23	Ace, persiapan Sempuro	AH
5.	Rabu $\frac{24}{1}$ 24	- perbaiki Daftar isi - perbaiki Bab 4	AH
6.	Jumat $\frac{26}{1}$ 24	teliti lagi perbaiki	AH
7.	Sabtu $\frac{27}{1}$ 24	Ace, persiapan Semtlas	AH
8.	Rabu $\frac{3}{9}$ 24	Ace, persiapan Sidang sorejana	AH

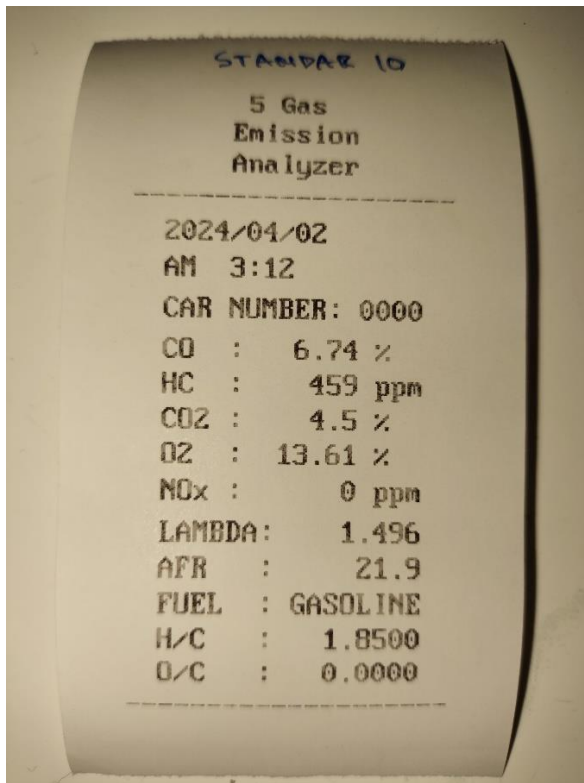
Rancangan Alat Penelitian



	1	Silinder Berongga	2	Tembaga	44x44x138	Dibuat	
	1	Pipa	1	Galvanis	4.0 \varnothing x151	Dibeli	
		Nama Bagian	No Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan				 
SILINDER BERONGGA DARI PEMANFAATAN SKRAP TEMBAGA LIMBAH PEMESINAN YANG DIGUNAKAN PADA KUALIPOT SEPEDA MOTOR UNTUK MENURUNKAN PENDEHARAN UDARA							
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA					SKRIPSI/A3/2023		
						Iwan Syah 20230101001	

Print out hasil uji emisi gas buang knalpot standar

Menit 10



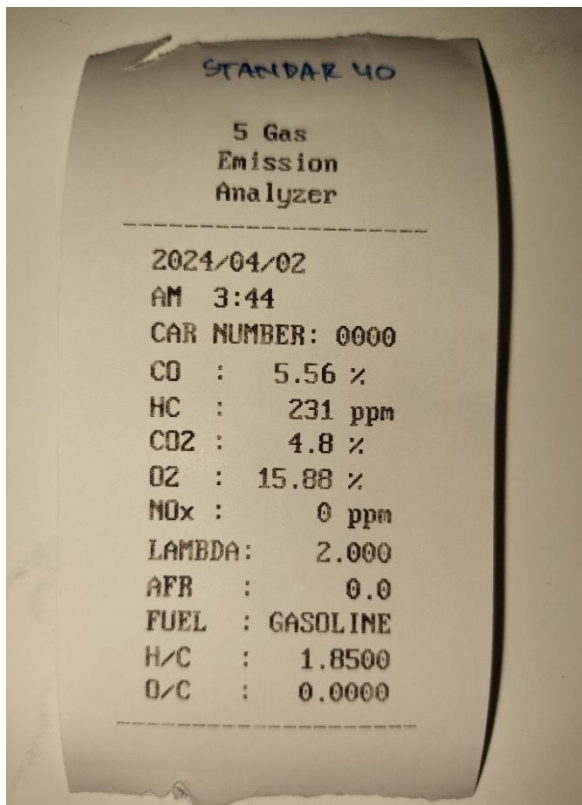
Menit 20



Menit 30



Menit 40



Menit 50

STANDAR 50
5 Gas
Emission
Analyzer

2024/04/02
AM 3:56
CAR NUMBER: 0000
CO : 5.59 %
HC : 327 ppm
CO2 : 4.8 %
O2 : 15.88 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

Menit 60

STANDAR 60
5 Gas
Emission
Analyzer

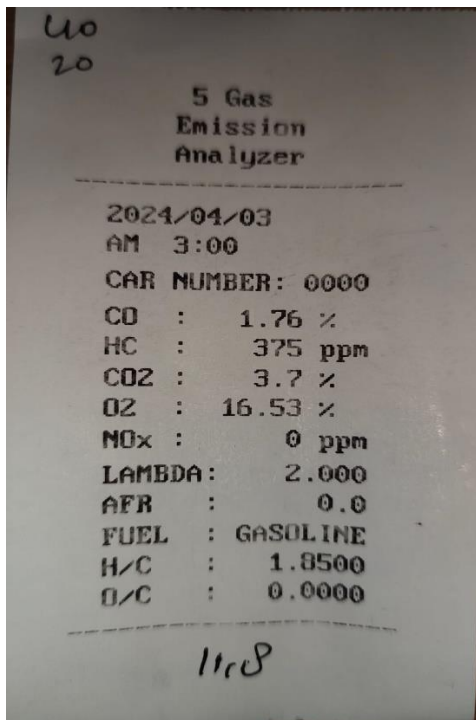
2024/04/02
AM 4:04
CAR NUMBER: 0000
CO : 6.87 %
HC : 390 ppm
CO2 : 4.1 %
O2 : 15.56 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 1.618
AFR : 23.7
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

Printout hasil uji emisi gas buang menggunakan silinder tembaga diameter 40mm

Menit 10



Menit 20



Menit 30

40
30

5 Gas
Emission
Analyzer

2024/04/03
AM 3:10
CAR NUMBER: 0000
CO : 1.13 %
HC : 258 ppm
CO2 : 3.5 %
O2 : 19.93 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

11.3

Menit 40

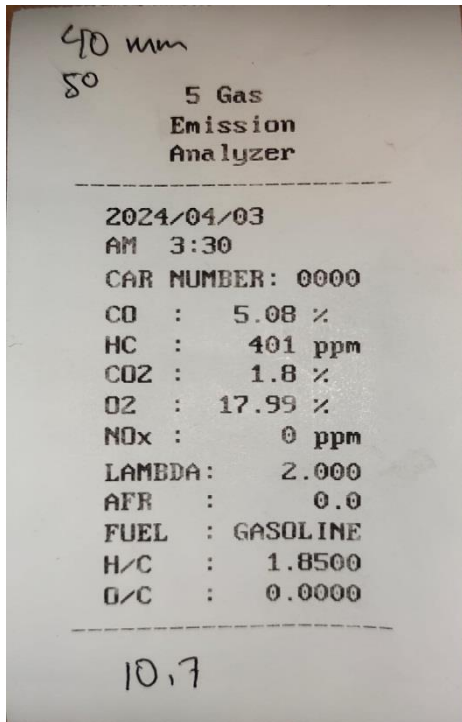
40
40

5 Gas
Emission
Analyzer

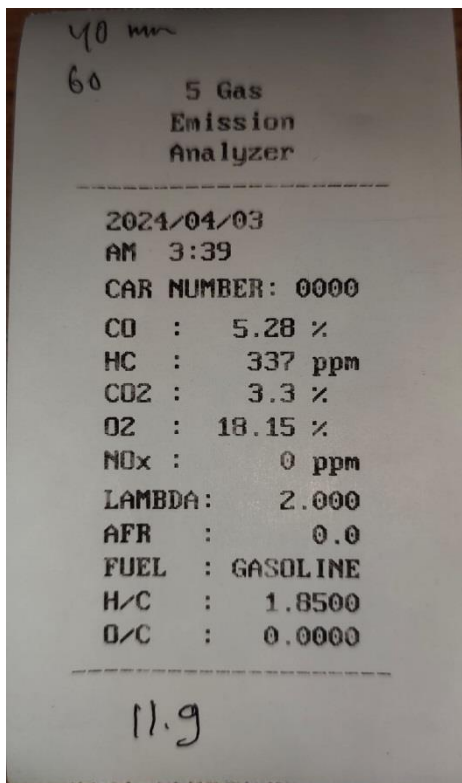
2024/04/03
AM 3:20
CAR NUMBER: 0000
CO : 4.24 %
HC : 260 ppm
CO2 : 4.3 %
O2 : 18.15 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

12.4

Menit 50

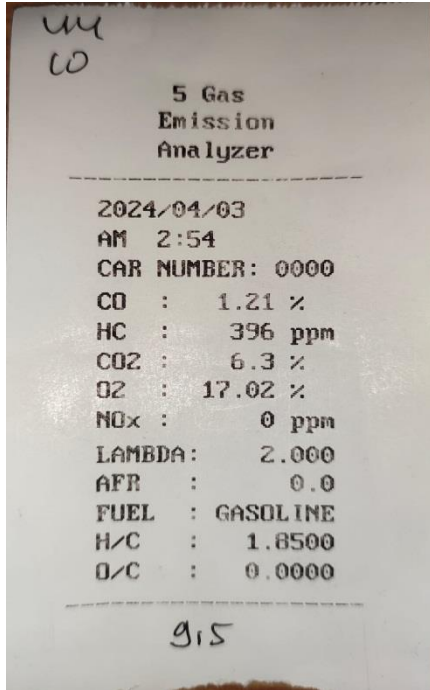


Menit 60

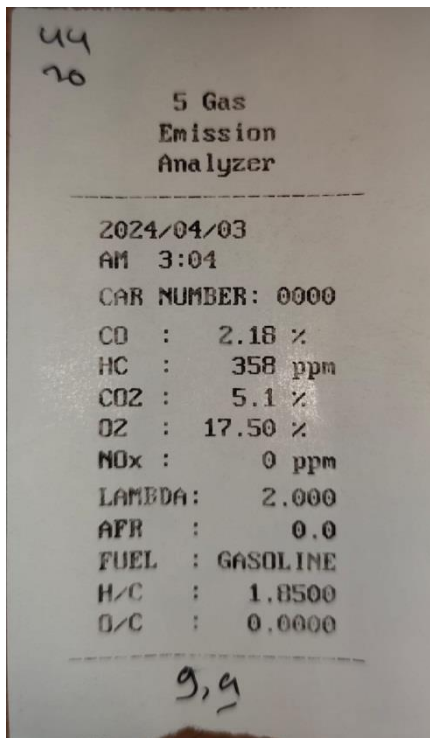


Printout hasil uji emisi gas buang menggunakan silinder tembaga diameter 44mm

Menit 10



Menit 20



Menit 30

44
30

5 Gas
Emission
Analyzer

2024/04/03
AM 3:15
CAR NUMBER: 0000
CO : 3.16 %
HC : 347 ppm
CO2 : 3.6 %
O2 : 17.99 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

13.4

Menit 40

44 mm
40

5 Gas
Emission
Analyzer

2024/04/03
AM 3:28
CAR NUMBER: 0000
CO : 3.13 %
HC : 379 ppm
CO2 : 2.3 %
O2 : 17.18 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

11.3

Menit 50

44 mm
50

5 Gas
Emission
Analyzer

2024/04/03
AM 3:35
CAR NUMBER: 0000
CO : 2.27 %
HC : 291 ppm
CO2 : 5.1 %
O2 : 17.99 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

11.5

Menit 60

44 mm
60

5 Gas
Emission
Analyzer

2024/04/03
AM 3:41
CAR NUMBER: 0000
CO : 4.23 %
HC : 385 ppm
CO2 : 5.2 %
O2 : 17.34 %
NOx : 0 ppm
LAMBDA: 2.000
AFR : 0.0
FUEL : GASOLINE
H/C : 1.8500
O/C : 0.0000

12.6

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Irwansyah
NPM : 1907230126
Tempat/Tanggal Lahir : Pematang Cengkering/23 Juni 2001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Belum Kawin
Alamat : Desa Pematang Cengkering
 Kecamatan : Medang Deras
 Kabupaten : Batu Bara
 Provinsi : Sumatra Utara
Nomor Hp : 08316549203
E-mail : irwansyah26765@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Amri
 Ibu : Marahani

PENDIDIKAN FORMAL

2007-2013 : SDN 015866 Desa Pematang Cengkering
2013-2016 : MTS Yapis Desa Pakam
2016-2019 : SMK Swasta Budhi Darma
2019-2024 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara