



**ANALISIS PENGGUNAAN KATALIS TEMBAGA PADA
KNALPOT TERHADAP EMISI GAS BUANG SEPEDA
MOTOR HONDA GL-PRO**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

oleh
Slamet Eko Budiarto
5202412042

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Analisis Penggunaan Katalis Tembaga Pada Knalpot Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda GL-Pro” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 19 Desember 2016.

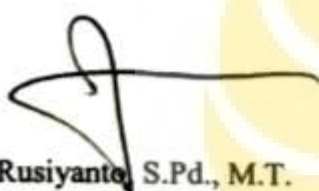
Oleh

Nama : Slamet Eko Budiarto
NIM : 5202412042
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Panitia Ujian :

Ketua

Sekretaris

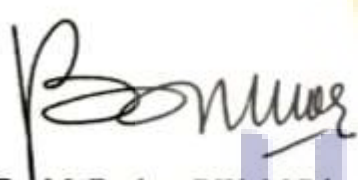

Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

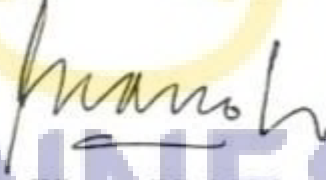

Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T.
NIP. 196901061994031003


Penguji I

Penguji II/ Pembimbing I

Penguji III/ Pembimbing II


Dr. M. Burhan RW, M.Pd.
NIP.196302131988031001


Drs. Winarno DR, M.Pd.
NIP.195210021981031001



Angga Septiyanto, S.Pd.,M.T
NIP.198709112015081004

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang




Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Slamet Eko Budiarto
NIM : 5202412042
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Analisis Penggunaan Katalis Tembaga Pada Knalpot Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda GL-Pro**” ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, Desember 2016

Yang membuat pernyataan


UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Slamet Eko Budiarto
NIM 5202412042

ABSTRAK

Budiarto, Slamet Eko. 2016. Analisis Penggunaan Katalis Tembaga pada Knalpot Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda GL-Pro. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M. Pd., Angga Septiyanto, S. Pd., M.T.

Kata kunci : Katalis tembaga, penghantar panas, emisi gas buang

Kemajuan teknologi di bidang transportasi harus disinergikan dengan perbaikan dalam pengolahan emisi gas buang. Pengolahan emisi gas buang yang baik dapat berdampak pada emisi yang semakin ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan katalis tembaga tanpa sekat (Model 1) dan katalis tembaga dengan sekat (Model 2) pada knalpot terhadap emisi gas buang sepeda motor.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan analisis data statistik deskriptif. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian adalah variasi katalis tembaga. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah emisi gas buang HC dan CO.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh katalis tembaga pada knalpot terhadap emisi gas buang sepeda motor berupa penurunan konsentrasi emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan sepeda motor. Menurunnya emisi gas buang karena katalis tembaga bersifat penghantar listrik yang baik sehingga mampu menurunkan kadar HC dan CO pada emisi. Kadar HC terendah 326 ppm pada penggunaan katalis tembaga model 1 dan model 2 dengan putaran mesin 2000 rpm dan temperatur 140° C. Kadar CO terendah pada penggunaan katalis tembaga model 2 dengan putaran mesin 2500 rpm dan suhu 150° C yaitu sebesar 2,52 % volume.

Saran dari penelitian ini adalah apabila ingin menurunkan emisi gas buang terutama HC dan CO sebaiknya menggunakan alat yang mampu mengukur putaran mesin lebih dari 2500 rpm agar diketahui hasil emisi gas buang dari penggunaan knalpot berkatalis tembaga yang lebih variatif. Perlu dilakukan penelitian menggunakan bentuk serta material katalisator yang berbeda misalnya bentuk katalis berupa pipa yang disusun secara seri dan dikombinasi dengan plat berlubang, hal ini dikarenakan dengan katalis bentuk plat berlubang sebagian belum menunjukkan penurunan emisi yang maksimal.

ABSTRACT

Budiarto, Slamet Eko. 2016. The analysis of the use of Copper Catalyst in the exhaust against the exhaust emissions of motorcycles Honda GL-Pro. Final Project. Department of Mechanical Engineering. Faculty Of Engineering. State University Of Semarang. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M. Pd., Angga Septiyanto, S. Pd., M.T.

Keywords: Copper catalyst, conduction of heat, exhaust emissions

Technological advances in the field of transportation should be synergy with improvements in the processing of exhaust emissions. Processing of the exhaust emissions can impact on an increasingly environmentally friendly emissions. The purpose of thi research is to know the influence of the use of copper catalyst in th exhaust against the exhaust emissions of motorcycles.

This research uses experimental methods with data analysis, descriptive statistics. Free variable used in the study are a variation of a copper catalyst. Bound variables in this study is the exhaust emissions of HC and CO.

The results showed the presence of a copper catalyst influence on the exhaust against the motorcycle exhaust emissions in the form of a decrease in the concentration of the exhaust emissions of CO and HC produced motorcycles. Decrease in exhaust emissions because copper catalysts are conducting the heat and do have a porous surface – awide pore to absorb the exhaust particles so capable of lowering the levels of HC and CO on emissions. The lowest levels of HC on the use of copper catalyst model 1 and model 2 with rotation of engines 2000 and temperature 140° C i.e. 326 ppm. Likewise the lowest levels of CO on the use of copper catalyst model 2 with rotation of engines 2500 and temperatur 150° C i.e. 2,52 %volume.

Advice from the research is in want to lower exhaust emissions especially HC and CO should use a tool which is able to measure the rotation of engine more than 2500 rpm in order to make known the results of exhaust emissions from the use of copper catalysed exhaust more markedly. Research needs to be done using the shape and material of a different catalyst forms such as catalysts in the form of pipes arranged in series and combined with perforated plate, this is because with a perforated plate forms part of the catalyst has not shown a decrease in the maximum emissions.

PRAKATA

Segala puji senantiasa dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam penulis juga panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya. Dengan berucap syukur alhamdulillah penulis akhirnya dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Penggunaan Katalis Tembaga Pada Knalpot Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda GL-Pro”.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, arahan, masukan, dan kerjasama berbagai pihak yang turut membantu selama penyelesaian skripsi ini. Pada kesempatan ini, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rohman, M. Hum. selaku Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menempuh pendidikan di Universitas Negeri Semarang;
2. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang;
3. Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang;
4. Dr. Dwi Widjanarko, S. Pd., S. T., M. T. selaku ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif S1;
5. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M. Pd. selaku penguji utama yang telah memberikan banyak masukan dan saran;
6. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M. Pd. selaku dosen pembimbing I yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan arahnya dalam penulisan proposal skripsi ini;
7. Angga Septiyanto, S. Pd., M. T. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar telah memberikan masukan-masukan yang berharga dalam penulisan proposal skripsi ini;
8. Kedua orang tua dan adik saya yang selalu menyayangi, menyemangati dan mendoakan yang terbaik untuk saya;

9. Teman-teman Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Mesin angkatan 2012;

10. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi.

Semoga hasil penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan mahasiswa Teknik Otomotif pada khususnya.

Semarang, Desember 2016

Slamet Eko Budiarto
5202412042



DAFTAR ISI

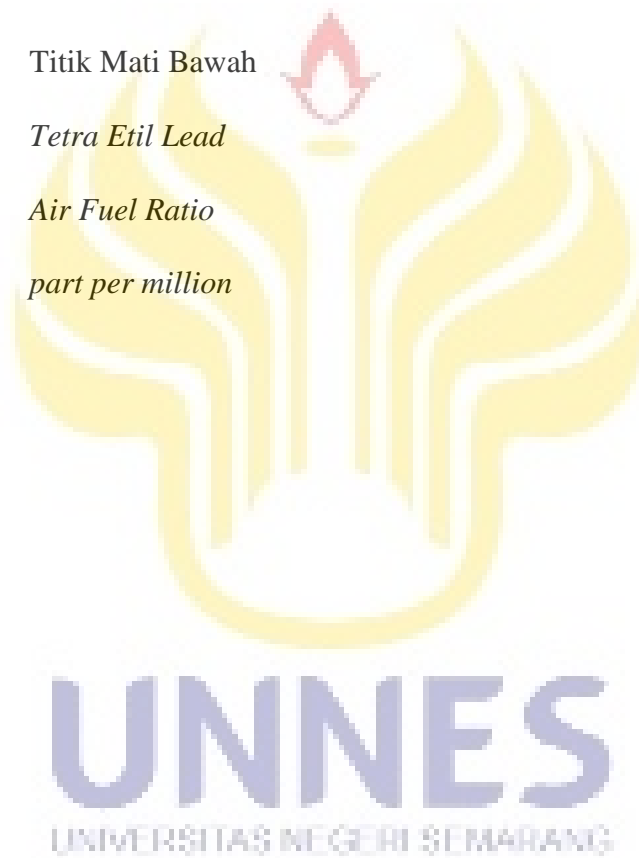
| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| PRAKATA | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 4 |
| C. Pembatasan Masalah | 5 |
| D. Rumusan Masalah | 5 |
| E. Tujuan Penelitian | 6 |
| F. Manfaat Penelitian | 6 |
| BAB II. KAJIAN PUSTAKA | 8 |
| A. Kajian Teori | 8 |
| 1. Motor Bakar | 8 |
| 2. Prinsip Kerja Mesin Bensin Empat Langkah | 8 |
| 3. Bahan Bakar Premium | 10 |

| | Halaman |
|--|-----------|
| 4. Reaksi Pembakaran pada Mesin Bensin | 11 |
| 5. Parameter Emisi Gas Buang | 13 |
| 6. Knalpot | 15 |
| 7. Katalis Tembaga | 17 |
| B. Kajian Penelitian yang Relevan | 19 |
| C. Kerangka Pikir Penelitian..... | 20 |
| BAB III. METODE PENELITIAN | 22 |
| A. Bahan Penelitian..... | 22 |
| B. Alat dan Skema Peralatan Penelitian..... | 22 |
| C. Prosedur Penelitian..... | 24 |
| 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian..... | 24 |
| 2. Proses Penelitian | 25 |
| 3. Data Penelitian | 28 |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN | 34 |
| A. Hasil Penelitian..... | 34 |
| B. Pembahasan..... | 46 |
| C. Keterbatasan Penelitian..... | 50 |
| BAB V. PENUTUP | 51 |
| A. Simpulan..... | 51 |
| B. Saran..... | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | 53 |
| LAMPIRAN | 56 |

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

| Simbol | Arti |
|---------------|-------------------|
| <i>Te</i> | <i>Temperatur</i> |
| \emptyset | <i>diameter</i> |

| Singkatan | Arti |
|------------------|-------------------------|
| TMA | Titik Mati Atas |
| TMB | Titik Mati Bawah |
| <i>TEL</i> | <i>Tetra Etil Lead</i> |
| <i>AFR</i> | <i>Air Fuel Ratio</i> |
| <i>ppm</i> | <i>part per million</i> |



DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1.1. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor | 1 |
| Tabel 2.1. Data Fisik dan Kimiawi Premium | 11 |
| Tabel 2.2. Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor | 14 |
| Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Honda GL-Pro | 22 |
| Tabel 3.2. Data Penelitian Emisi Gas Buang pada Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 29 |
| Tabel 3.3. Data Penelitian Emisi Gas Buang pada Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 30 |
| Tabel 3.4. Data Penelitian Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 30 |
| Tabel 3.5. Rata-rata Emisi Gas Buang Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 32 |
| Tabel 3.6. Rata-rata Emisi Gas Buang Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 32 |
| Tabel 3.7. Rata-rata Emisi Gas Buang Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2..... | 32 |
| Tabel 4.1. Kadar HC dalam Emisi Gas Buang Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 34 |
| Tabel 4.2. Kadar HC dalam Emisi Gas Buang Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 36 |
| Tabel 4.3. Kadar HC dalam Emisi Gas Buang Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 37 |
| Tabel 4.4. Kadar CO dalam Emisi Gas Buang Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 40 |
| Tabel 4.5. Kadar CO dalam Emisi Gas Buang Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 41 |
| Tabel 4.6. Kadar CO dalam Emisi Gas Buang Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 42 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1. Langkah Isap | 9 |
| Gambar 2.2. Langkah Kompresi | 9 |
| Gambar 2.3. Langkah Kerja | 10 |
| Gambar 2.4. Langkah Buang | 10 |
| Gambar 2.5. Grafik Pengaruh Suhu Gas Buang Terhadap Emisi HC dan CO Pada Knalpot | 13 |
| Gambar 2.6. Knalpot GL-Pro Standar | 16 |
| Gambar 2.7. Konstruksi Knalpot Standar | 16 |
| Gambar 2.8. Knalpot <i>Free Flow</i> atau <i>Racing</i> | 16 |
| Gambar 2.9. Saluran Gas Buang | 17 |
| Gambar 2.10. Kerangka Pikir Penelitian | 21 |
| Gambar 3.1. Skema Peralatan Penelitian | 23 |
| Gambar 3.2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian | 24 |
| Gambar 3.3. Ukuran Plat Tembaga | 25 |
| Gambar 3.4. Plat Tembaga Setelah Dilubangi | 26 |
| Gambar 3.5. Desain Katalis Tembaga Model 1 | 26 |
| Gambar 3.6. Desain Katalis Tembaga Model 2 | 27 |
| Gambar 3.7. Desain Pemasangan Katalis Model 1 Dalam Knalpot | 27 |
| Gambar 3.8. Desain Pemasangan Katalis Model 2 Dalam Knalpot | 27 |
| Gambar 4.1. Grafik Kadar Hidro Karbon (HC) dengan Putaran pada Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 35 |
| Gambar 4.2. Grafik Kadar Hidro Karbon (HC) dengan Putaran pada Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 36 |
| Gambar 4.3. Grafik Kadar Hidro Karbon (HC) dengan Putaran pada Knalpot | |

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 38 |
| Gambar 4.4. Grafik Kadar Hidro Karbon (HC) dengan Putaran pada Knalpot Standar, Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2..... | 39 |
| Gambar 4.5. Grafik Kadar Karbon Monoksida (CO) dengan Putaran pada Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 | 40 |
| Gambar 4.6. Grafik Kadar Karbon Monoksida (CO) dengan Putaran pada Knalpot Standar dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2..... | 42 |
| Gambar 4.7. Grafik Kadar Karbon Monoksida (CO) dengan Putaran pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 | 44 |
| Gambar 4.8. Grafik Kadar Karbon Monoksida (CO) dengan Putaran pada Knalpot Standar, Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 dan Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2..... | 45 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Surat Keputusan Dosen Pembimbing | 54 |
| Lampiran 2. Surat Izin Penelitian | 55 |
| Lampiran 3. Surat Keterangan Selesai Penelitian | 56 |
| Lampiran 4. Data Penelitian Emisi Gas Buang | 57 |
| Lampiran 5. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Standar (1500 rpm dan 130° C) | 58 |
| Lampiran 6. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Standar (20000 rpm dan 140° C) | 59 |
| Lampiran 7. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Standar (2500 rpm dan 150° C) | 60 |
| Lampiran 8. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 (1500 rpm dan 130° C) | 61 |
| Lampiran 9. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 (2000 rpm dan 140° C) | 62 |
| Lampiran 10. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 1 (2500 rpm dan 150° C) | 63 |
| Lampiran 11. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 (1500 rpm dan 130° C) | 64 |
| Lampiran 12. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 (2000 rpm dan 140° C) | 65 |
| Lampiran 13. Data Emisi Gas Buang pada Knalpot Berkatalis Tembaga Model 2 (2500 rpm dan 150° C) | 66 |
| Lampiran 14. Dokumentasi Foto Penelitian | 67 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Peningkatan populasi kendaraan di Indonesia pada saat ini sangat pesat, penggunaan sepeda motor sebagai alat transportasi menjadi kebutuhan utama masyarakat baik di kota maupun di desa. Jumlah sepeda motor tiap tahunnya mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan jenis kendaraan lainnya. Perkembangan jumlah sepeda motor yang sebelumnya sejumlah 68.839.341 unit pada tahun 2011 menjadi 76.381.183 unit di tahun 2012, selanjutnya menjadi 84.732.652 unit di tahun 2013 dan terakhir di tahun 2014 menjadi 92.976.240 unit. Sepeda motor setiap tahunnya selalu berada pada jumlah terbanyak dibandingkan kendaraan bermotor lain, seperti mobil penumpang, mobil bus, dan mobil barang.

Tabel 1.1. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya, Periode 2011-2014

| Jenis Kendaraan Bermotor | Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit) | | | |
|--------------------------|----------------------------------|------------|-------------|-------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Mobil Penumpang | 9.548.866 | 10.432.259 | 11.484.514 | 12.599.138 |
| Mobil Bus | 2.254.406 | 2.273.821 | 2.286.309 | 2.398.846 |
| Mobil Barang | 4.958.738 | 5.286.061 | 5.615.494 | 6.235.136 |
| Sepeda Motor | 68.839.341 | 76.381.183 | 84.732.652 | 92.976.240 |
| Jumlah | 85.601.351 | 94.373.324 | 104.118.969 | 114.209.266 |

Sumber: Badan Pusat Statistik

Sepeda motor adalah kendaraan yang kerja mesinnya menggunakan minyak bumi sebagai bahan bakarnya. Bahan bakar yang digunakan pada sepeda motor

umumnya adalah premium atau sering disebut bensin yang harganya terjangkau dan mudah didapatkan. Perlu diketahui bahwa meningkatnya penggunaan sepeda motor juga menyebabkan peningkatan jumlah emisi gas buang. Emisi gas buang kendaraan dihasilkan oleh proses pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di ruang bakar mesin kendaraan. Emisi gas buang menyebabkan polusi udara yang dapat mengganggu kesehatan manusia karena mengandung gas beracun. “Emisi gas buang pada umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun, seperti N_2 (Nitrogen), CO_2 (Karbon dioksida), dan H_2O (Uap air) sebagian kecil merupakan gas beracun seperti Nox (Nitrogen oksida), HC (Hidrokarbon), dan CO (Karbon monoksida)” (Arifin dan Sukoco, 2009: 34).

Arifin dan Sukoco, (2009: 19) menjelaskan bahwa penyebab gas beracun CO dan HC adalah sebagai berikut:

CO merupakan hasil utama dari pembakaran bensin sebagai akibat dari proses pembakaran yang tidak sempurna, sedangkan gas HC merupakan emisi yang timbul karena bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama gas buang. Selain itu kedua gas tersebut cukup berbahaya bagi kesehatan manusia bahkan dapat menyebabkan kematian apabila berada di atas standar baku mutu. Efeknya terhadap kesehatan yaitu CO apabila terhisap ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Sedangkan gas HC yang tinggi dapat merusak sistem pernafasan penyebab kanker dan menimbulkan kabut asap yang membuat iritasi dan menyebabkan radang tenggorokan.

Sengkey, (2011: 120) menjelaskan tentang dampak negatif CO sebagai berikut:

Polutan CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia. Karbon monoksida merupakan bahan pencemar berbentuk gas yang sangat beracun. Senyawa ini mengikat hemoglobin (Hb) yang berfungsi mengantarkan oksigen segar ke seluruh tubuh, menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh menjadi terganggu. Berkurangnya persediaan oksigen ke seluruh tubuh akan membuat sesak napas dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak segera mendapat udara segar kembali.

Semakin berkembangnya teknologi banyak penemuan baru yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, seperti teknologi pengendalian emisi pada kendaraan. Teknologi tersebut diantaranya “penyaring gas (*gas filter*) yang berfungsi untuk mencegah karbon, partikel, bensin, dan lain-lain agar tidak masuk ke mekanisme kontrol dari sistem kontrol emisi”. (Arifin dan Sukoco, 2009: 78). Teknologi lainnya yaitu penggunaan katalitik konverter yang memiliki fungsi “menurunkan emisi gas buang kendaraan hingga tingkat paling rendah, misalnya CO = 0,2% dan HC=100 ppm. Ketika emisi gas buang melewati katalitik konverter yang terbuat dari bahan khusus, terjadi reaksi kimia yang mengubah emisi HC, CO dan NO_x menjadi CO₂, H₂O dan N₂” (Arifin dan Sukoco, 2009: 119).

Irawan, dkk., (2012: 28) menyimpulkan tentang katalitik konverter sebagai berikut:

Harga katalitik konverter yang mahal di pasaran disebabkan oleh katalis yang terbuat dari logam mulia dan sulit didapatkan seperti *palladium*, *platinum* dan *rodium*. Di samping itu katalis tersebut sangat rentan terhadap bahan bakar premium yang memiliki kadar timbal (Pb) yang berakibat merusak fungsi katalis.

Tidak semua kendaraan dilengkapi dengan teknologi tersebut, sehingga perlu adanya penelitian baru yang menghasilkan alat pereduksi emisi yang harganya terjangkau dan dengan bahan yang mudah didapatkan sehingga bisa diaplikasikan ke semua kendaraan bermotor. Material lain yang dapat digunakan sebagai pereduksi emisi gas buang adalah katalis. Fauziah, (2009: 64) menjelaskan pengertian katalis adalah sebagai berikut:

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat suatu reaksi, tetapi secara kimia zat tersebut tidak berubah dan kita dapat memperoleh kembali pada akhir reaksi bahkan dengan jumlah massa yang sama, dan untuk meningkatkan laju

reaksi perlu meningkatkan jumlah tumbukan yang efektif sehingga menghasilkan reaksi.

Sedangkan menurut Wibisono, (2014: 208), “katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan oleh reaksi itu sendiri, suatu katalis dapat berperan dalam reaksi akan tetapi bukan sebagai pereaksi”. Bahan yang dapat digunakan sebagai katalis bermacam-macam, salah satunya adalah tembaga. Tembaga merupakan logam berwarna kemerahan yang terdapat secara bebas di alam maupun dalam bentuk senyawanya. Tembaga berfungsi sebagai penghantar panas dan listrik yang sangat baik, selain itu tembaga dapat digunakan sebagai katalis karena dapat membantu mereduksi emisi gas buang kendaraan. Berdasarkan hasil penelitian Mokhtar, (2012:130) bahwa penggunaan pipa tembaga berlubang bisa menurunkan emisi HC, CO, dan CO₂, maka dengan demikian perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan pemakaian tembaga sebagai katalis pada knalpot dengan bentuk dan model berbeda yang diharapkan dapat mengurangi jumlah emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor Honda GL-Pro.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, ada beberapa permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bertambahnya populasi kendaraan, khususnya penggunaan sepeda motor berdampak pada peningkatan polusi udara.
2. Polusi udara diakibatkan oleh emisi gas buang kendaraan yang disebabkan dari pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di dalam mesin kendaraan.

3. Emisi gas buang pada umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun, seperti N_2 (Nitrogen), CO_2 (Karbon dioksida), dan H_2O (Uap air) dan sebagian kecil merupakan gas beracun seperti Nox (Nitrogen oksida), HC (Hidrokarbon), dan CO (Karbon monoksida).
4. Penggunaan alat pereduksi emisi gas buang masih terbatas pada mobil sehingga perlu dilakukan pengembangan alat pereduksi emisi gas buang agar dapat digunakan pada sepeda motor.

C. Pembatasan Masalah

Penelitian mengenai penggunaan katalis tembaga terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Honda GL-Pro ini akan dibatasi pada:

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan knalpot standar dan knalpot berkatalis tembaga.
2. Sepeda motor yang digunakan adalah Honda GL-Pro 145 cc Tahun 1993.
3. Bahan bakar yang digunakan adalah premium.
4. Emisi gas buang yang diuji adalah CO yang diukur dalam satuan % volume dan HC yang diukur dalam satuan ppm.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan katalis tembaga pada knalpot sepeda motor Honda GL-Pro terhadap emisi HC?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan katalis tembaga pada knalpot sepeda motor Honda GL-Pro terhadap emisi CO?

3. Berapa putaran mesin dan temperatur yang dapat menghasilkan penurunan emisi HC tertinggi pada penggunaan katalis tembaga di knalpot sepeda motor Honda GL-Pro?
4. Berapa putaran mesin dan temperatur yang dapat menghasilkan penurunan emisi CO tertinggi pada penggunaan katalis tembaga di knalpot sepeda motor Honda GL-Pro?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan katalis tembaga pada knalpot sepeda motor Honda GL-Pro terhadap emisi HC.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan katalis tembaga pada knalpot sepeda motor Honda GL-Pro terhadap emisi CO.
3. Untuk mengetahui putaran mesin dan temperatur yang dapat menghasilkan penurunan emisi HC tertinggi pada penggunaan katalis tembaga di knalpot sepeda motor Honda GL-Pro.
4. Untuk mengetahui putaran mesin dan temperatur yang dapat menghasilkan penurunan emisi CO tertinggi pada penggunaan katalis tembaga di knalpot sepeda motor Honda GL-Pro.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai sumbangan positif dalam mengurangi emisi gas buang sepeda motor yang berdampak negatif bagi kesehatan.

2. Dapat dijadikan sebagai informasi tentang penggunaan katalis tembaga pada knalpot untuk mengurangi emisi gas buang sepeda motor.
3. Untuk bahan pustaka di lingkungan Universitas Negeri Semarang, khususnya Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Motor Bakar

“Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi kalor yang berasal dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar bekerja dengan mekanisme langkah yang terjadi berulang-ulang atau periodik sehingga menghasilkan putaran poros engkol” (Rahardjo dan Karnowo, 2008: 71). Rizal, (2013: 28) menjelaskan tentang motor bakar adalah sebagai berikut:

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran sebagai fluida kerjanya. Mesin dengan cara ini disebut mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) contohnya motor bensin, sedangkan mesin kalor yang cara memperoleh energinya dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar (*external combustion engine*) contohnya turbin uap.

2. Prinsip kerja mesin bensin empat langkah

Prinsip kerja mesin empat langkah memerlukan 2 putaran poros engkol (4 gerakan piston) untuk menyelesaikan 1 siklus di dalam silinder. Jama dan Wagino, (2008: 69-74) dalam bukunya menjelaskan cara kerja mesin empat langkah sebagai berikut:

a. Langkah isap (*Suction stroke*)

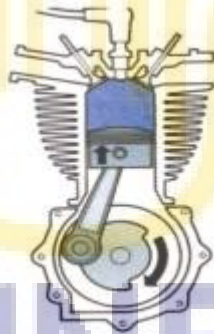
Katup masuk terbuka, katup buang tertutup. Piston bergerak dari TMA ke TMB. Sewaktu piston bergerak ke bawah tekanan diruang pembakaran menjadi hampa (vakum). Perbedaan tekanan udara luar yang tinggi dengan tekanan hampa, mengakibatkan udara akan mengalir dan bercampur dengan bahan bakar. Selanjutnya campuran udara dengan bahan bakar tersebut melalui katup masuk yang terbuka mengalir masuk dalam ruang silinder.



Gambar 2.1. Langkah Isap (Sumber: Jama dan Wagino, 2008: 70)

b. Langkah kompresi (*Compression stroke*)

Katup masuk dan katup buang tertutup. Piston bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA). Setelah melakukan pengisian, piston yang sudah mencapai TMB kembali lagi bergerak menuju TMA, ini memperkecil ruangan di atas piston, sehingga campuran udara dan bahan bakar menjadi padat, tekanan dan suhunya naik. Tekanannya naik kira-kira tiga kali lipat. Beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA terjadi letikan bunga api listrik dari busi yang membakar campuran udara dan bahan bakar.



Gambar 2.2. Langkah Kompresi (Sumber: Jama dan Wagino, 2008: 71)

c. Langkah kerja (*Explosion/power stroke*)

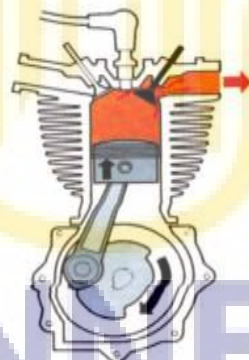
Katup masuk dan katup buang masih tertutup. Piston bergerak dari TMA ke TMB. Campuran udara dan bahan bakar terbakar sangat cepat, proses pembakaran menyebabkan campuran udara dan bahan bakar akan mengembang dan memuai, dan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran dalam ruang bakar menimbulkan tekanan ke segala arah dan tekanan pembakaran mendorong piston ke bawah (TMB), selanjutnya memutar proses engkol melalui *connecting rod*.



Gambar 2.3. Langkah Kerja (Sumber: Jama dan Wagino, 2008: 72)

d. Langkah buang (*Exhaust stroke*)

Katup masuk tertutup, katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB ke TMA. Sebelum piston bergerak ke TMB, katup pengeluaran terbuka dan gas sisa pembakaran mengalir keluar, sewaktu piston mulai naik dari TMB, piston mendorong gas sisa pembakaran yang masih tertinggal keluar melalui katup buang dari saluran buang ke atmosfer. Setelah piston mulai turun dari TMA katup buang tertutup dan campuran udara dengan bahan bakar mulai mengalir ke dalam silinder.



Gambar 2.4. Langkah Buang (Sumber: Jama dan Wagino, 2008: 73)

3. Bahan Bakar Premium

“Premium adalah bahan bakar jenis ditilat dengan warna kekuningan yang jernih dan mengandung timbal (TEL) sebagai *octane booster*” (Arifin dan Sukoco, 2009: 106). Haryono, (1997: 74) menjelaskan tentang bahan bakar bensin adalah sebagai berikut:

Bensin merupakan zat cair yang mudah menguap pada suhu 60°C kurang lebih 35-60% sudah menguap dan akan menguap 100% kira-kira pada suhu diatas 100°C . Bensin adalah salah satu hasil dari proses perengkahan minyak bumi, didalamnya terkandung zat arang hidrokarbon dan zat cair. Kandungan karbon yang terlampaui banyak dapat menyebabkan kotornya busi (*carbon fouling*).

Direktorat Pemasaran dan Niaga PT. Pertamina mengeluarkan data mengenai spesifikasi tentang premium dalam material *safety data sheet* seperti pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Data Fisik dan Kimiawi Premium

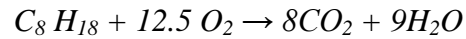
| KARAKTERISTIK | SATUAN | BATASAN | | | | METODE UJI | |
|--|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------|-------|
| | | TANPA TIMBAL | | BERTIMBAL | | ASTM | LAIN |
| | | MIN | MAKS | MIN | MAKS | | |
| 1. Bilangan Oktana | | | | | | | |
| - Angka Oktana Riset (RON) | RON | 88.0 | | 88.0 | - | D 2699-86 | |
| - Angka Oktana Motor (MON) | | dilaporkan | | dilaporkan | | D 2700-86 | |
| 2. Stabilitas Oksida (Periode Induksi) | menit | 360 | - | 360 | - | D 525-99 | |
| 3. Kandungan Sulfur | % m/m | | 0.05 ¹⁾ | - | 0.05 ¹⁾ | D 2622-98 | |
| 4. Kandungan Timbal (Pb) | gr/l | - | 0.013 | - | 0.3 | D 3237-97 | |
| 5. Distilasi : | | | | | | D 86-99a | |
| 10% vol. Penguapan | $^{\circ}\text{C}$ | - | 74 | - | 74 | | |
| 50% vol. penguapan | $^{\circ}\text{C}$ | 88 | 125 | 88 | 125 | | |
| 90% vol. Penguapan | $^{\circ}\text{C}$ | | 180 | | 180 | | |
| Titik didih akhir | $^{\circ}\text{C}$ | - | 215 | - | 205 | | |
| Residu | % vol | - | 2.0 | - | 2.0 | | |
| 6. Kandungan Oksigen | % m/m | - | 2.72 ²⁾ | - | 2.7 ²⁾ | D 4815-94a | |
| 7. Washed gum | mg/100ml | - | 5 | - | 5 | D 381-99 | |
| 8. Tekanan Uap | kPa | - | 62 | - | 62 | D 5191/D 323 | |
| 9. Berat Jenis pada suhu 15 C | kg/m ³ | 715 | 780 | 715 | 780 | D 4052/D 1298 | |
| 10. Korosi bilah tembaga | menit | Kelas 1 | | Kelas 1 | | D-130-94 | |
| 11. Uji Doctor | | negatif | | negatif | | | IP 30 |
| 12. Sulfur Mercaptan | % massa | - | 0.002 | - | 0.002 | D-3227 | |
| 13. Penampilan visual | | Jernih & terang | | Jernih & terang | | | |
| 14. Warna | | Merah | | Merah | | | |
| 15. kandungan pewarna | gr/100 l | 0.13 | | 0.13 | | | |
| 16. Bau | | dapat dipasarkan | | dapat dipasarkan | | | |

(Sumber: Direktorat Pemasaran dan Niaga PT. PERTAMINA, 2007:5)

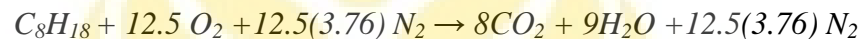
4. Reaksi Pembakaran Pada Mesin Bensin

Mesin bensin mendapatkan tenaga dari proses pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di dalam ruang bakar. Campuran bahan bakar dan udara

berupa bensin diubah menjadi gas dan selanjutnya disemprotkan ke ruang bakar oleh karburator. Menurut Pudjanarsa dan Nursuhud, (2008: 57) reaksi kimia antara C_8H_{18} (*isooctane*) dengan oksigen adalah:

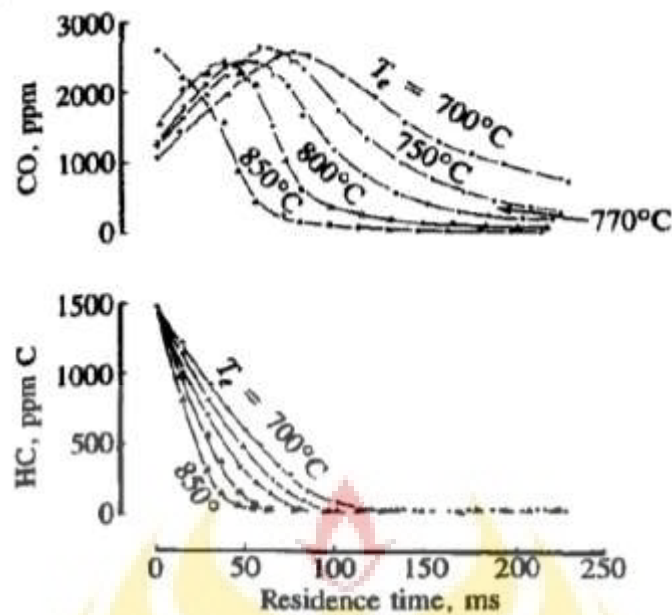


Pembakaran dapat terjadi dengan berbagai campuran komposisi bahan bakar dan udara. Ketidaksesuaian campuran mengakibatkan terjadinya produk lain pada gas buang seperti CO yang menjadi polusi di udara. Menurut Salazar, (1998: 30) secara stoikiometri pembakaran bensin dan udara adalah:



Heywood, (1988: 71) menjelaskan tentang stoikiometri pembakaran adalah sebagai berikut:

Ketika Campuran bahan bakar dengan udara lebih besar dari stoikiometri maka terjadi campuran yang kaya, akibatnya jumlah oksigen tidak cukup untuk mengoksidasi seluruh bahan bakar, sehingga C (karbon) dan H (Hidrogen) menjadi CO_2 , dan H_2O (termasuk N_2). Komposisi produk pembakaran tidak dapat ditentukan dari keseimbangan unsur dan tambahan bahan kimia lainnya. Karena komposisi produk pembakaran secara signifikan berbeda dari campuran miskin dan kaya, dan stoikiometri campuran bahan bakar-udara tergantung pada jumlah bahan bakar.



Gambar 2.5. Grafik Pengaruh Suhu Gas Buang Terhadap Emisi HC dan CO Pada Knalpot (Sumber: Heywood, 1988: 617)

Sistem pembuangan dari mesin empat silinder dapat dimodifikasi dengan memasang bagian yang dipanaskan dan pipa yang terisolasi untuk menjaga temperatur gas buang agar tetap konstan untuk membakar ulang HC dan CO. Temperatur gas buang divariasikan dengan menyesuaikan kondisi kerja mesin. T_e adalah temperatur gas buang yang masuk pada knalpot. Laju oksidasi untuk mengurangi jumlah emisi HC dan CO ditentukan oleh temperatur gas buang (Heywood, 1988: 616).

5. Parameter Emisi Gas Buang Mesin Bensin

Emisi gas buang timbul akibat sisa dari pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di ruang bakar mesin kendaraan, dan dikeluarkan melalui sistem pembuangan (knalpot). Sebagai upaya dalam mengendalikan pencemaran udara yang diakibatkan oleh emisi kendaraan bermotor maka pemerintah mempunyai peranan yang sangat penting terutama membuat peraturan tentang lingkungan hidup. Dalam peraturan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa

gas buang kendaraan bermotor lama dengan batasan seperti dalam tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor

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

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006

a. HC (Hidro karbon)

Arifin dan Sukoco, (2009: 43) menjelaskan hidro karbon adalah sebagai berikut:

Hidro karbon merupakan ikatan kimia dari karbon (C) dan Hidrogen (H). Penyebab timbulnya gas hidro karbon adalah sekitar dinding-dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran, selain itu juga terjadi akibat adanya *over lap intake valve* (kedua *valve* sama-sama terbuka) jadi merupakan gas pembilas/pembersih. HC (Hidro karbon) merupakan unsur senyawa bahan bakar bensin.

“HC yang ada pada gas buang adalah dari senyawa bahan bakar yang tidak terbakar habis dalam proses pembakaran. HC diukur dalam satuan ppm (*part per million*)” (Jayanti, dkk., 2014: 1). Heywood, (1988: 601) menjelaskan bahwa mekanisme pembentukan emisi hidro karbon adalah sebagai berikut:

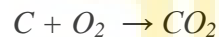
Empat kemungkinan mekanisme struktur pembentukan emisi HC pada saat proses pembakaran terjadi: (1) Setelah proses pembakaran meninggalkan lapisan campuran bahan bakar dengan udara yang tidak terbakar di dinding ruang bakar, (2) Bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam silinder tidak ikut terbakar pada saat pembakaran, (3) Penyerapan uap bahan bakar kelapisan minyak pada dinding silinder

selama langkah isap dan kompresi, (4) Pembakaran tidak sempurna sebagian kecil terjadi bila kualitas pembakaran yang miskin misalnya, pada saat waktu pengapian tidak dapat dikendalikan secara memadai.

b. CO (Karbon monoksida)

“Karbon monoksida merupakan gas beracun yang terbentuk dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar. Pembakaran tidak sempurna tersebut disebabkan oleh kurangnya pasokan oksigen yang masuk kedalam ruang bakar sehingga campuran udara tidak mencapai AFR stoikiometri pembakaran” (Unjanto, 2015: 120). Jayanti, dkk., (2014: 1-2) menjelaskan tentang karbon monoksida adalah sebagai berikut:

CO merupakan senyawa gas beracun yang terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna dalam proses kerja mesin bensin, CO diukur dalam satuan % volume. CO yang ada pada gas buang berasal dari kurangnya jumlah udara dalam campuran yang masuk ke ruang bakar atau bisa juga karena kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pembakaran. Apabila karbon terbakar sempurna maka dihasilkan reaksi sebagai berikut:



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



“Emisi karbon monoksida (CO) dapat dikendalikan dari pembakaran internal mesin terutama oleh rasio bahan bakar dengan udara. Tingkat emisi gas buang CO dari penyalaan mesin konvensional dipengaruhi oleh jenis bahan bakar” (Heywood, 1988: 592).

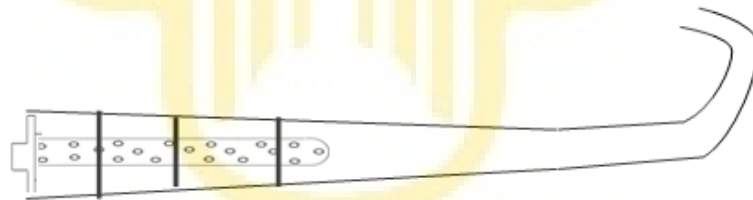
6. Knalpot

Knalpot berfungsi sebagai peredam getaran, getaran akibat naik turun piston dari kepala silinder diteruskan ke *body* knalpot, rangka. Gas sisa hasil pembakaran dari ruang bakar juga keluar melalui knalpot. Menurut Syaief, dkk., (2014: 18)

“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*).



Gambar 2.6. Knalpot GL-Pro Standar



Gambar 2.7. Konstruksi Knalpot Standar



Gambar 2.8. Knalpot *Free Flow* atau *Racing* (Sumber: motorplus online)

Haryono, (1997: 20) menjelaskan tentang knalpot adalah sebagai berikut:

Saluran gas buang yang dalam istilah bengkel disebut knalpot berguna untuk meredam suara ledakan pembakaran yang cukup keras menjadi suara yang halus. Prinsip peredamannya adalah mengalirkan gas buang ke suatu ruang yang lebih besar kemudian mengalirkan tumpukan gas tersebut melalui lubang penyebaran (sarangan).



Gambar 2.9. Saluran Gas Buang (Sumber: Haryono, 1997: 20).

7. Katalis Tembaga

“Katalis adalah zat yang dapat meningkatkan laju reaksi tanpa dirinya mengalami perubahan kimia secara permanen. Katalis dapat bekerja membentuk senyawa antara atau mengadsorpsi zat yang direaksikan” (Karyadi, 1994: 25). Katalis tidak hanya digunakan dalam kebutuhan industri, katalis juga digunakan dalam bidang otomotif untuk mengoksidasi emisi gas buang kendaraan. “Oksidasi adalah reaksi pengikatan oksigen oleh suatu zat, sumber oksigen pada reaksi oksidasi disebut oksidator. Oksidator yang banyak digunakan adalah udara” (Purba dan Soetopo, 1997: 32). Katalis digunakan dalam saluran knalpot. Contoh teknologi yang menggunakan katalis dalam bidang otomotif adalah katalitik konverter.

Arifin dan Sukoco, (2009: 137-139) menjelaskan tentang katalisator (*catalytic converter*) adalah sebagai berikut:

Katalisator berfungsi untuk menetralkan kadar racun dalam gas buang dengan cara merubah kimiawi gas buang beracun menjadi kimiawi gas lain misalnya gas CO akan dirubah menjadi gas CO₂. Sehingga gas beracun tersebut bisa berubah hampir 100%. Perubahan dilakukan dengan cara mengoksidasi (membakar) kembali gas buang tersebut di dalam bahan pembangkit panas (*thermis reaktor*). Bahan yang dipakai untuk katalisator adalah *ceramic monolith*, dan *wollfilter* (sejenis serat kaca).

Irawan, dkk., (2012: 28) menjelaskan bahan logam yang digunakan sebagai katalis pada *catalytic converter* adalah sebagai berikut:

Bahan logam lain yang digunakan sebagai katalis pada katalitik konverter adalah: *Palladium, Platinum, Rodium* akan tetapi selain harganya mahal juga jarang didapatkan di pasaran, di samping itu katalis tersebut sangat rentan terhadap bahan bakar premium yang memiliki kadar timbal (Pb) yang berakibat merusak fungsi katalis karena akan terjadi penyumbatan pada *catalytic converter*.

Bahan lain yang digunakan untuk katalis yaitu tembaga. Tembaga merupakan logam berwarna kemerahan, tembaga juga merupakan penghantar panas yang baik. Palar, (2004: 61-64) menjelaskan tentang tembaga (Cu) adalah sebagai berikut:

1. Penyebaran, sifat dan kegunaannya
Tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral.
2. Sifat dan kegunaannya
Secara kimia, senyawa-senyawa dibentuk oleh logam Cu mempunyai bilangan valensi +1 dan +2. Berdasarkan pada bilangan valensi yang dibawanya, logam Cu dinamakan juga *cuppro* untuk yang bervalensi +1, dan *cuppry* untuk yang bervalensi +2. Secara fisika, logam Cu digolongkan ke dalam kelompok logam-logam penghantar listrik yang baik. Cu merupakan penghantar listrik terbaik setelah perak (*argentum* – Ag). Karena itu, logam Cu banyak digunakan dalam bidang elektronika

atau perlistrikan. Dalam bidang industri lainnya, senyawa Cu banyak digunakan. Sebagai contoh adalah industri cat sebagai antifoling, industri insektisida dan fungisida, dan lain-lain. Cu banyak digunakan sebagai katalis, baterai, elektroda, penarik sulfur atau belerang dan sebagai pigmen serta pencegah pertumbuhan lumut.

Tembaga digunakan sebagai katalis karena mampu mereaksikan emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam mesin. Tembaga merupakan katalis oksida karena dapat menurunkan emisi gas buang CO (Karbon monoksida) dan HC (Hidro karbon). Kenaikan temperatur pada logam katalis tembaga berpengaruh terhadap penurunan kandungan emisi gas buang CO (Karbon monoksida) dan HC (Hidro karbon). “*Catalytic converter* tembaga efektif sebagai katalisator pada reaksi oksidasi CO ($\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$) dan pada reaksi HC ($2\text{HC} + 2\frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$)” (Warju, 2015: 108).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Penelitian tentang penggunaan katalis dalam saluran gas buang dapat mereduksi emisi gas buang. Katalis yang baik dapat menurunkan kadar emisi dalam gas buang dengan baik pula. Penelitian tentang penggunaan material tembaga untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan pernah dilakukan oleh Irawan,dkk (2012: 39-40) yang berjudul “Unjuk Kemampuan Katalis Tembaga Berlapis Mangan Dalam Mengurangi Emisi Gas Hidro Carbon Motor Bensin”, menunjukkan adanya penurunan kadar konsentrasi emisi gas buang HC tertinggi terjadi pada putaran 3000 rpm pada penggunaan 15 sel katalis 307,33 ppm turun menjadi 0 ppm (penurunan 100%). Adanya penurunan HC yang signifikan terjadi karena jumlah tembaga yang dijadikan sebagai sel katalis semakin banyak sehingga proses reduksi emisi berlangsung dengan baik. Penurunan emisi gas

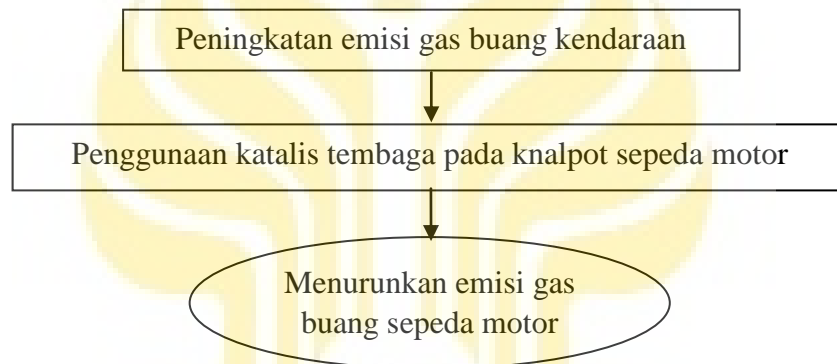
buang tiap variasi perubahan putaran mesin dan temperatur yang berbeda dapat mengalami fluktuasi. Hal itu merupakan hal yang wajar karena mesin uji masih menggunakan sistem karburator.

Penelitian yang dilakukan oleh Mokhtar, (2012: 130) yang berjudul “*Catalytic Converter* Jenis Katalis Pipa Tembaga Berlubang Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor”, menunjukkan adanya penurunan emisi HC sebesar 28,385%, emisi CO 36,904% dan emisi CO₂ sebesar 49,7338%. Hal itu terjadi karena adanya kenaikan temperatur pada *catalytic converter* akibat adanya katalis-katalis yang menyebabkan aliran gas asap tertahan dan ini menguntungkan karena membantu proses pembakaran lanjut untuk mendukung proses reduksi dan oksidasi sehingga dapat menurunkan emisi secara maksimal. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sanata, (2012: 7) yang berjudul “Analisis Variasi Temperatur Logam Katalis Tembaga (Cu) Pada Catalytic Converter Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) Kendaraan Bermotor” menunjukkan hasil bahwa efisiensi konversi untuk gas buang CO dan HC semakin optimal seiring dengan kenaikan temperatur katalis. Ini terjadi pada kelima jenis diameter katalis. Dengan efisiensi konversi paling optimal yaitu sampai dengan 47,93 % untuk CO dan 50,36 % untuk HC pada temperatur 325°C, yang terjadi pada katalis dengan diameter 8 mm. Seiring dengan naiknya temperatur proses katalisasi dapat berlangsung dengan baik, hal ini disebabkan karena pada saat temperatur meningkat maka laju reaksi meningkat.

C. Kerangka Pikir Penelitian

Populasi kendaraan khususnya sepeda motor di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal tersebut menyebabkan peningkatan jumlah

emisi gas buang yang menjadi salah satu sumber polusi udara. Oleh karena itu, perlu adanya teknologi yang mampu mengendalikan emisi gas buang pada sepeda motor. Salah satu teknologi dengan harga yang terjangkau dan bahan yang mudah didapatkan yaitu katalis. Katalis digunakan dalam bidang otomotif untuk mengurangi emisi gas buang. Bahan yang digunakan sebagai katalis salah satunya yaitu tembaga, dimana bahan tersebut mampu mereduksi emisi gas buang kendaraan yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam mesin sehingga terjadi penurunan kadar emisi gas buang.



Gambar 2.10. Kerangka Pikir Penelitian

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data setelah penelitian, penurunan kadar emisi gas buang berupa HC dan CO dengan menggunakan knalpot standar dan knalpot berkatalis tembaga model 1 dan model 2 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Emisi HC pada penggunaan katalis tembaga model 1 dan model 2 dalam knalpot dengan berbagai variasi putaran mesin dan temperatur menunjukkan adanya penurunan, jika dibandingkan dengan knalpot standar tanpa katalis tembaga.
2. Emisi CO pada penggunaan katalis tembaga model 1 dan model 2 dalam knalpot dengan berbagai variasi putaran mesin dan temperatur menunjukkan adanya penurunan, jika dibandingkan dengan knalpot standar tanpa katalis tembaga.
3. Kadar HC terendah pada putaran mesin 2000 rpm dan temperatur 140° C dengan menggunakan knalpot berkatalis tembaga model 1 dan model 2 sebesar 326 ppm dengan prosentase penurunan sebesar 77,03%.
4. Kadar CO terendah pada putaran mesin 2500 rpm dan temperatur 150° C dengan menggunakan knalpot berkatalis tembaga model 2 sebesar 2,52 % volume dengan prosentase penurunan sebesar 68,02%.

B. Saran

1. Bagi produsen kendaraan diharapkan untuk menggunakan knalpot berkatalis tembaga model 2 agar memperoleh kadar emisi gas buang yang rendah.
2. Bagi peneliti selanjutnya perlu digunakan alat yang mampu mengukur putaran mesin lebih dari 2500 rpm agar diketahui hasil emisi gas buang dari penggunaan knalpot berkatalis tembaga yang lebih variatif.
3. Selain itu, peneliti selanjutnya sebaiknya melakukan penelitian dengan topik yang sama tetapi emisi yang diukur adalah NO_x (Nitrogen oksida).



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal. dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Astra International. 1988. *Buku Pedoman Reparasi Honda GL 100 K2 GL MAX 4 GL-PRO 2*. Jakarta: PT Astra International Tbk.
- Badan Pusat Statistik. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2014. Online. <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>, diakses tanggal 17 Maret 2016 pukul 16.58 WIB.
- Direktorat Pemasaran dan Niaga. 2007. *Material Safety Data Sheet*. Jakarta: PT. PERTAMINA (PERSERO).
- Fauziah, Nenden. 2009. *Kimia 2 Untuk SMA Dan MA Kelas XI IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Haryono, G. 1997. *Uraian Praktis Mengenal Motor Bakar*. Semarang: CV. Aneka Ilmu.
- Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Newyork: Mcraw Hill.
- Irawan, RM. Bagus, Purwanto, dan Hadiyanto. 2012. Unjuk Kemampuan Katalis Tembaga Berlapis Mangan Dalam Mengurangi Emisi Gas Hidro Carbon Motor Bensin. *TRAKSI*, 12/2: 28-44.
- Jama, Julius dan Wagino. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid 1 SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Jayanti, Novita Eka, Mohamad Hakam, dan Indri Santiasih. 2014. Emisi Gas Carbon Monoksida (CO) Dan Hidrocarbon (HC) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor "SUPRA X 125 TAHUN 2006". *16/2*: 1-5.
- Karyadi, Benny. 1994. *Kimia 2 untuk Sekolah Menengah Umum Kelas 2*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Depdikbud.
- Motorplus Online. *Knalpot Free Flow atau Racing*. http://motorplus-online.com/m_read/D5bMc4RJypm3Qq2ayyYkzqiMp_heb7CJQrshVXRxo40/4/0/Silahkan-Modifikasi-Sendiri-Knalpot-Free-Flow-Anda-Biar-Suaranya-Lembut-dan-Rendah-Emisi diakses tanggal 22 April 2016 pukul 11.03 WIB

- Mokhtar, Ali. 2012. Catalytic Converter Jenis Katalis Pipa Tembaga Berlubang Untuk Mengurangi Emisi Kendaraan Bermotor. *JURNAL GAMMA*, 8/1: 125-131.
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.
- Pudjanarsa, Astu dan Djati Nursuhud. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Andi.
- Purba, Michael dan Soetopo Hidayat. 1997. *Ilmu Kimia SMU jilid 1B*. Jakarta: Erlangga
- Rahardjo, Winarno Dwi dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Unnes Press.
- Rizal, Masagus S. 2013. *Mesin Konversi Energi*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Sanata, Andi. 2012. Analisis Variasi Temperatur Logam Katalis Tembaga (Cu) Pada Catalytic Converter Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Dan Hidrokarbon (HC) Kendaraan Bermotor, *Jurnal ROTOR*, 5/1: 1-7.
- Salazar, Fernando. 1998. *Internal Combustion Engines*. Notre Dame: Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame.
- Sengkey, Sandri Linna, Freddy Jansen, Steenie Wallah. 2011. Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro. *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, 1/2: 119-126.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syaief, Adhiela Noer, Tinton Norsujianto, Rifky Ridhani Maulana, dan Saripatul Maknunah. 2014. Pengaruh Exhaust Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Suzuki SMASH Tahun 2007. *Jurnal Element*, 1/1: 18-21.
- Unjanto, Stefanus, Martinus Heru Palmiyanto, Thoharudin, dan Arif Setyo Nugroho. 2015. Emisi CO dan NOx Pada Gas Buang Kendaraan Menggunakan Katalis Tembaga Berporitermodifikasi. *Jurnal Prosiding SNATIF*, 2: 117-124.

Warju, I Made Muliatna. 2015. Unjuk Kemampuan *Metallic Catalytic Converter* Tembaga Terhadap Reduksi Emisi Gas Buang Sepeda Motor Yamaha Vega. *Jurnal Teknika*, 10/2: 99-109.

Wibisono, Widi. 2014. Pengaruh Desain Katalis Tipe *Metallic Honeycomb* Berbahan Logam Tembaga Berlapis Mangan Terhadap Reduksi Emisi Gas Buang Suzuki Satria FU 150. *Jurnal JTM*. 3/2: 207-216.

