



UMSURABAYA

**PENGARUH CATALYTIC CONVERTER
TEMBAGA TERHADAP POLUTAN
GAS BUANG MOTOR BENSIN 4
LANGKAH**

SKRIPSI

**ANGGA HAMDANI
NIM. 20141331110**

**Dosen Pembimbing :
MOH. ARIF BATUTAH, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2019**



UMSURABAYA

**PENGARUH CATALYTIC CONVERTER
TEMBAGA TERHADAP POLUTAN
GAS BUANG MOTOR BENSIN 4
LANGKAH**

SKRIPSI

**ANGGA HAMDANI
NIM. 20141331110**

**Dosen Pembimbing :
MOH. ARIF BATUTAH, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2019**

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angga Hamdani
NIM : 2014 133 1110
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar tulisan karya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan.

Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi , maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 21 Juli 2019

Yang Membuat Pernyataan,

METERAI
TEMPEL
0E4A4AFF713073027
6000
ENAM RIBURUPIAH
Angga Hamdani

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada bidang studi teknik mesin fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Disetujui dan disahkan oleh :

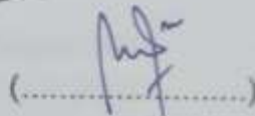
Dosen Penguji :

1. Ponidi, S.T., M.T., IPM



(.....)

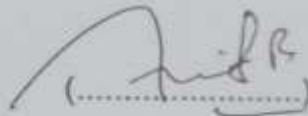
2. Rizki Wibawaningrum, S.T., M.T.



(.....)

Dosen Pembimbing :

1. Moh. Arif Batutah, S.T., M.T.



(.....)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Gunawan, M.T.
(NIDN : 0701028102)

Menyetujui,
Kaprodi Teknik Mesin



Hadi Kusnanto, S.T., M.T.
(NIDN : 071707701)

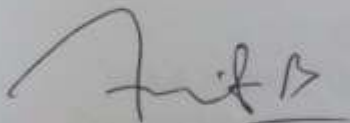
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Angga Hamdani
NIM : 2014 133 1110
Jurusan : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Catalytic Converter Tembaga Terhadap Polutan Gas Buang Motor Bensin 4 Langkah

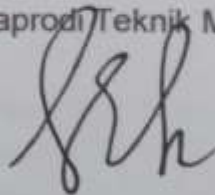
Tanggal Pengajuan Skripsi : 1 Maret 2019
Tanggal Selesai Skripsi : 18 Juli 2019

Menyetujui,
Pembimbing

Menyetujui,
Kaprod Teknik Mesin



Moh. Arif Batutah, S.T., M.T.
(NIDN : 0707067407)



Hadi Kusnanto, S.T., M.T.
(NIDN : 071707701)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "Pengaruh *Catalytic Converter* Tembaga terhadap Polutan Gas Buang Motor Bensin 4 Langkah".

Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Hadi Kusnanto, S.T., M.T. selaku Kaprodi Teknik Mesin.
2. Bapak M. Arif Batutih, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing.
3. Kedua orang tua dan saudara-saudara penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan doa.
4. Fifi Prasiliya, SM, yang selalu memberi semangat dan menjadi pengingat.
5. Bapak Andiko Cahyono, S.Pd yang telah membantu menyediakan tempat untuk penelitian.
6. Faisal, Feri serta Ali yang selalu membantu dalam segala hal.
7. Teman – teman Teknik Mesin angkatan 2014 yang selalu memberi dukungan.
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga amal kebaikan dari berbagai pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini mendapatkan imbalan yang sepadan dari Allah SWT. Akhir kata penulis berharap proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Surabaya, 21 Juli 2019

Angga Hamdani



DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Teori Pendukung Penelitian	7
2.2.1 Proses Pembakaran pada Motor Bensin	7
a. Pembakaran Sempurna (Normal)	8
b. Pembakaran Tidak Sempurna (Tidak Normal)	10
2.2.2 Sifat-Sifat Udara Kering	12
2.2.3 Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor	13
a. Karbon Monoksida (CO)	14
b. Hidrokarbon (HC)	17
c. Nitrogen Oksida (NO _x)	19
d. Partikel Halus (Pb)	21
2.2.4 Langkah-Langkah Pengontrolan Emisi	21

2.2.5 <i>Catalytic Converter</i>	23
a. Fungsi <i>Catalytic Converter</i>	24
b. Bahan <i>Catalytic Converter</i>	24
c. Kontruksi <i>Catalytic Converter</i>	26
d. Bentuk Dasar <i>Catalytic Converter</i>	27
e. Prinsip Kerja <i>Catalytic Converter</i>	30
2.2.6 Tembaga	37
2.2.7 Teori Energi Kinetik pada Proses Pembilasan (<i>Scavenging</i>)	38
2.2.8 Standard Emisi Gas Buang	40

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengujian	42
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	42
3.3 Variabel Penelitian	42
3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian	43
3.4.1 Peralatan Utama dan Bahan	43
3.4.2 Peralatan Bantu	43
3.5 Diagram Skematik Instalasi Penelitian	45
3.5.1 Kelompok Kontrol	45
3.5.2 Kelompok Eksperimen	45
3.6 Prosedur Pengujian	45
3.6.1 Persiapan	45
3.6.2 Pengujian	45
3.6.3 Akhir Pengujian	46
3.7 Diagram Alir Penelitian	46

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian	48
4.2 Analisis Data	49
4.2.1 Laju Konversi Emisi Karbo Monoksida (CO)	49
4.2.2 Laju Konversi Emisi Hidrokarbon (HC)	63

BAB IV KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

78

DAFTAR PUSTAKA

79



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Massa Udara Kering	12
Tabel 2.3 Faktor CO ₂ Berdasarkan Jenis Kendaraan	41
Tabel 4.1 Data Emisi Gas Buang Hasil Pengujian Knalpot Standar (Reverse Flow Muffler)	48
Tabel 4.2 Data Emisi Gas Buang Hasil Pengujian Knalpot Eksperimen (Catalytic Converter Tembaga)	49
Tabel 4.3 Laju Konversi Emisi CO	50
Tabel 4.4 Konsentrasi Oksigen (O ₂) dalam Gas Buang	57
Tabel 4.5 Laju Konversi Emisi HC	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Pembakaran campuran udara-bensin dan perubahan tekanan di dalam silinder	9
Gambar 2.2 Sumber emisi gas buang kendaraan bermotor	14
Gambar 2.3 Grafik Hubungan lambda (λ) terhadap emisi CO dengan variasi timing pengapian	15
Gambar 2.4 Grafik Komposisi gas buang vs perbandingan udara-bahan bakar (AFR) terukur, untuk mesin otomotif tipe <i>non-supercharge</i>	17
Gambar 2.5 Grafik Hubungan lambda (λ) terhadap emisi HC dengan variasi timing pengapian	18
Gambar 2.6 Grafik Hubungan lambda (λ) terhadap emisi NO _x dengan variasi timing pengapian	20
Gambar 2.7 Konstruksi <i>catalytic converter</i>	24
Gambar 2.8 Grafik Laju konversi material katalis terhadap temperatur <i>light-off</i>	25
Gambar 2.9 Konstruksi <i>single bed oxidation catalytic converter</i>	26
Gambar 2.10 Konstruksi <i>dual bed catalytic converter</i>	26
Gambar 2.11 Konstruksi <i>single bed catalytic converter</i>	27
Gambar 2.12 <i>Catalytic converter</i> tipe <i>ceramic pellet</i>	28
Gambar 2.13 <i>Catalytic converter</i> tipe <i>ceramic honeycomb (monolith)</i>	29
Gambar 2.14 <i>Catalytic converter</i> tipe <i>metallic honeycomb (monolith)</i>	30
Gambar 2.15 Grafik Hubungan temperatur gas buang terhadap laju konversi CO dan HC	31
Gambar 2.16 Grafik Hubungan temperatur gas buang terhadap laju konversi NO _x	32

Gambar 2.17 Grafik Hubungan laju konversi katalis terhadap lambda (λ) di bawah kondisi statis	33
Gambar 2.18 Grafik Hubungan laju konversi katalis terhadap lambda (λ) di bawah kondisi dinamis	33
Gambar 2.19 Komposisi gas buang pada saat proses reaksi di <i>catalytic converter</i>	35
Gambar 2.20 Reaksi pada <i>catalytic converter</i>	36
Gambar 2.21 Teori kinetik pada proses pembilasan (<i>scavenging</i>)	39
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 4.1 Hubungan lambda (λ) vs CO (<i>point to point</i>)	50
Gambar 4.2 Hubungan lambda (λ) vs CO (<i>trendline</i>)	51
Gambar 4.3 Hubungan putaran (rpm) vs emisi CO (<i>point to point</i>)	52
Gambar 4.4 Hubungan putaran (rpm) vs emisi CO (<i>trendline</i>)	52
Gambar 4.5 Hubungan T °C vs laju konversi CO (<i>point to point</i>)	54
Gambar 4.6 Hubungan T °C vs laju konversi CO (<i>trendline</i>)	54
Gambar 4.7 Hubungan lambda (λ) vs laju konversi CO (<i>point to point</i>)	55
Gambar 4.8 Hubungan lambda (λ) vs laju konversi CO (<i>trendline</i>)	56
Gambar 4.9 Hubungan lambda (λ) vs O ₂ (<i>point to point</i>)	57
Gambar 4.10 Hubungan lambda (λ) vs O ₂ (<i>trendline</i>)	58
Gambar 4.11 Hubungan putaran (rpm) vs O ₂ (<i>point to point</i>)	59
Gambar 4.12 Hubungan putaran (rpm) vs O ₂ (<i>trendline</i>)	59
Gambar 4.13 Grafik hubungan antara energi aktivasi dengan <i>reaction progress</i>	63

Gambar 4.14 Hubungan lambda (λ) vs emisi HC (<i>point to point</i>)	64
Gambar 4.15 Hubungan lambda (λ) vs emisi HC (<i>trendline</i>)	65
Gambar 4.16 Hubungan putaran (rpm) vs emisi HC (<i>point to point</i>)	66
Gambar 4.17 Hubungan putaran (rpm) vs emisi HC (<i>trendline</i>)	67
Gambar 4.18 Hubungan T°C vs laju konversi HC(<i>point to point</i>)	72
Gambar 4.19 Hubungan T°C vs laju konversi HC (<i>trendline</i>)	72
Gambar 4.20 Hubungan lambda (λ) vs laju konversi HC (<i>point to point</i>)	74
Gambar 4.21 Hubungan lambda (λ) vs laju konversi HC (<i>trendline</i>)	74
Gambar 4.22 Hubungan T°C vs laju konversi CO dan HC (<i>point to point</i>)	75
Gambar 4.23 Hubungan T°C vs laju konversi CO dan HC (<i>trendline</i>)	75
Gambar 4.24 Hubungan lambda (λ) vs laju konversi CO dan HC (<i>point to point</i>)	76
Gambar 4.25 Hubungan lambda (λ) vs laju konversi CO dan HC (<i>trendline</i>)	76

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. (1998). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Proses*. Jakarta: Rhineka Putra.
- Arismunandar, Wiranto. (2005). *Motor Bakar Torak* (edisi kelima). Bandung: ITB.
- Aris, Muhammad. (2005). *Penggunaan Cu Murni di Exhaust Muffler dalam Upaya Pengurangan Emisi Gas Buang*. Tugas akhir yang tidak dipublikasikan. Surabaya: ITS.
- Astika, I Komang. (2000). *Studi Experimental tentang Pengaruh Penggunaan Tembaga sebagai Catalytic Muffler terhadap Emisi CO, HC, dan NOx dari Mesin Bensin 4 langkah*. Tugas akhir yang tidak dipublikasikan. Surabaya: ITS.
- Bosch G, Robert. (1988). *Gasoline Engine Management*. Stuttgart: Jerman.
- Hakam, Mohamad. (2006). *Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Cu Terhadap Kadar Emisi Gas Buang, Unjuk Kerja dan SPL Motor Bensin 4 Langkah*. Tugas akhir yang tidak dipublikasikan. Surabaya: ITS.
- Heisler, Heinz. (1995). *Advanced Engine Fundamentals (International Edition)*. New York: Erwar Arnold.

<http://hikmapanjaitan.blogspot.com/2013/06/kajian-emisi-co2-menggunakan-persamaan.html?m=1>

<https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/mengenal-standar-emisi-gas-buang-eropa>

Jenbacher. (1996) *Spark Ignition Engine Design Vol 3*. Stuttgart: Jerman.

Nazir, Moh. (2005). *Metode Penelitian* (cetakan ke enam). Jakarta: Ghalia Indonesia.

Obert, Edwart F. (1973). *International Combustion Engine and Air Pollution* (3rd. Ed). New York: Harper & Row Publishers, Inc.

Pudjanarsa, Astu. (1987). *Unjuk Kerja Honda-Modifield Muffler*. Tugas akhir yang tidak dipublikasikan. Surabaya: ITS.

Swisscontact. (2000). *Pengetahuan Dasar Perawatan Kendaraan Niaga (Bus)*. Jakarta: Swisscontact.

Saleh, A.M. (1995). *Teknik Mobil*. Jakarta: Bhratara.

Somorjai, Gabor A. (1994). *Introduction to Surface Chemistry and Analysis* Canada: John Willey and Sons, Inc.

Suherman, Wahid. (1987). *Pengetahuan Bahan*. Surabaya: ITS.

Suyanto, Wardan. (1989). *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Pendidikan.

Tjokrowisastro, E., & Widodo, B. (1995). *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*. Surabaya: ITS.

Tjondronegoro, Ismoyowati. (1995). *Pencemaran Udara dan Pengelolaan Kualitas Udara*. Surabaya: Lembaga Pengabdian Masyarakat ITS.

Toyota Astra Motor. (1995). *Training Manual New Step 1*. Jakarta: P.T Toyota Astra Motor.

Toyota Astra Motor. (1995). *Training Manual New Step 2*. Jakarta: P.T Toyota Astra Motor.

VEDC. (2000). *Pengertian Dasar Motor Bakar*. Malang.

