



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH HOT EGR (*EXHAUST GAS RECIRCULATION*)
TERHADAP EMISI JELAGA (*SOOT*) PADA MESIN DIESEL**

TUGAS AKHIR

WASKITO ADI

L2E 308 028

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

JUNI 2011

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Waskito Adi
NIM : L2E 308 028

Dosen Pembimbing : Dr. Syaiful ST, MT

Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan

Judul : **PENGARUH *HOT EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)* TERHADAP EMISI JELAGA (*SOOT*) PADA MESIN DIESEL**

Isi Tugas : Mengetahui emisi jelaga (*soot*) dari mesin diesel setelah menggunakan *Hot EGR*

1. Mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc)
2. Mengetahui efisiensi bahan bakar (η_f)
3. Mengetahui emisi jelaga (*soot*) berdasarkan nilai opasitas

Semarang, 23 Juni 2011

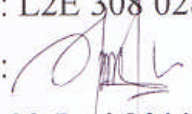
Dosen Pembimbing



Dr. Syaiful ST, MT
NIP. 197403081999031005

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Waskito Adi
NIM : L2E 308 028
Tanda Tangan : 
Tanggal : 23 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Waskito Adi
NIM : L2E 308 028
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : **Pengaruh *Hot EGR (Exhaust Gas Recirculation)*
Terhadap Emisi Jelaga (*Soot*) Pada Mesin Diesel**

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Syaiful, ST, MT
Penguji : Ir. Sudargana, MT
Penguji : Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT



Semarang, 23 Juni 2011

Ketua
Jurusan Teknik Mesin,

Dr. Ir. Dipl Ing Berkah Fajar TK.
NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Waskito Adi
NIM : L2E 308 028
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

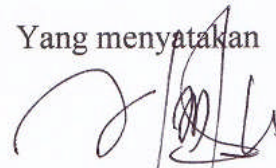
“Pengaruh *Hot EGR (Exhaust Gas Recirculation)* Terhadap Emisi Jelaga (*Soot*) Pada Mesin Diesel”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan Bp. Syaiful, ST, MT, PhD sebagai pencipta dan pemilik Hak Cipta serta nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 23 Juni 2011

Yang menyatakan



(Waskito Adi)
NIM : L2E 308 028

ABSTRAK

Mesin diesel merupakan jenis motor bakar pembakaran dalam yang mempunyai efisiensi tinggi sehingga sering digunakan sebagai sistem penggerak utama pada sistem transportasi dan penggerak stasioner. Disamping keunggulan yang dimiliki, mesin diesel juga memiliki problem khusus yang berhubungan dengan pencemaran lingkungan yaitu jelaga (*soot*).

EGR merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan pada mesin diesel yang berhubungan dengan pencemaran lingkungan. EGR bekerja dengan mensirkulasikan sebagian gas buang kembali masuk ke dalam *intake manifold* sehingga akan didapatkan pembakaran yang lebih sempurna. Pada penelitian ini gas buang disirkulasikan kembali dengan melalui *heater* untuk menaikkan temperatur gas buang sebelum masuk ke *intake manifold* menjadi 70 °C, 80 °C, 90 °C dan 100 °C

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penggunaan EGR pada mesin diesel akan menurunkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc) dari 0.5091 pada 0 % EGR menjadi 0.448 pada 12.6 % EGR. Nilai efisiensi bahan bakar naik dari 15.63979 % pada 0 % EGR menjadi 17.77156 % pada 12.6 % EGR. Opasitas naik dari 36.74 % pada 0 % EGR menjadi 74.06 % pada 12.6 % EGR.

Kata kunci : mesin diesel, *hot EGR*, opasitas, temperatur *EGR*.

ABSTRACT

Diesel engine is baking combustion engine type in having high efficiency so that often applied as prime mover system at transportation system and stationary actuator. Beside excellence owned, diesel engine also has problem specially relates to environmental pollution that is soot.

EGR is a method applied to overcome problems at diesel engine relating to pollution of area. EGR works with circulation some of exhaust gases returns to coming into intake manifold so that will be got baking which more perfection. At this research exhaust gas is circulation again through heater to boost up exhaust gas temperature before stepping into intake manifold to become 70 °C, 80 °C, 90 °C and 100 °C

Result of research indicates that with usage of EGR at diesel engine will reduce break specific fuel consumption (bsfc) out of 0.5091 at 0 % EGR becomes 0.448 by 12.6 % EGR. Rising fuel efficiency value out of 15.63979 % at 0 % EGR becomes 17.77156 % by 12.6 % EGR. Smoke opacity rising out of 36.74 % at 0 % EGR becomes 74.06 % by 12.6 % EGR.

Keywords: Diesel engine, Hot EGR, opacity, EGR temperature.

MOTTO:

“Benteng dari segala penyimpangan norma adalah agama, dan sholat adalah tiang agama”

PERSEMBAHAN:

Kupersembahkan Karyaku ini Kepada:

Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan Karunia-Nya

Bapak dan Ibu Gemolong, Bapak dan Ibu Jetak, Bapak dan Ibu Sukodono
atas segala kasih sayang dan doanya selama ini

Istri tercinta, **Rima Kusumawati, SP** atas segala doa, semangat dan pengorbanannya.
Semangat sayang, kita pasti bisa

Kakak-kakakku dan adik-adikku tersayang. Dunia masih panjang, ayoo berjuang

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh *Hot EGR (Exhaust Gas Recirculation)* Terhadap Emisi Jelaga (*Soot*) Pada Mesin Diesel”**. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingan, bantuan, serta dukungan kepada :

1. Dr. Syaiful ST, MT, selaku Dosen Pembimbing
2. Subroto, Amd, selaku teknisi Laboratorium Thermofluida Teknik Mesin Undip yang telah banyak membantu.
3. Seluruh Dosen, Karyawan, Staf pengajar Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari banyak kekurangan. Oleh karena itu segala kritik yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati untuk kemajuan bersama.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Semarang, Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Mesin Diesel	5
2.1.1 Siklus Diesel (Diesel Tekanan Tetap)	6
2.1.2 Siklus Aktual Motor Diesel	8
2.1.3 Bahan Bakar Diesel	8
2.1.4 Teori Pembakaran	12
2.1.5 Reaksi Pembakaran	15
2.1.6 Jenis Pembakaran	16
2.1.7 Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel	16

2.2	Exhaust Gas Recirculating (EGR)	18
2.2.1	Heater	20
2.2.2	<i>Orifice Plat Flowmeter</i>	20
2.3	Emisi Gas Buang.....	24
2.3.1	Bahan Pencemar (Polutan).....	24
2.3.2	Polutan Mesin Diesel	26
2.3.3	<i>Soot</i> (Jelaga).....	27
2.3.3.1	Proses Terbentuknya Jelaga (<i>soot</i>).....	27
2.3.3.2	Faktor Terbentuknya Jelaga (<i>soot</i>).....	28
2.3.4	Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan	30
2.3.4.1	Sulfur Dioksida	30
2.3.4.2	Karbon Monoksida.....	30
2.3.4.3	Nitrogen Dioksida	33
2.3.4.4	Hidrokarbon	34
2.3.5	Pengukuran <i>Smoke Opacity</i>	34
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		36
3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	36
3.2	Deskripsi Alat-Alat Uji	37
3.2.1	Mesin Uji.....	38
3.2.2	Alat Uji Gas Buang	39
3.2.3	<i>Gas Analyser</i>	40
3.2.4	Gelas Ukur	41
3.2.5	<i>Stopwatch</i>	42
3.2.6	<i>Thermokopel</i>	42
3.2.7	Dinamometer.....	43
3.2.8	<i>Proximity Sensor</i>	45
3.2.9	<i>Advantech Portable Data Acquisition Module</i>	46
3.2.10	<i>Heater 600 Watt</i>	47
3.2.11	<i>Thermostat</i>	47
3.3	Kalibrasi Alat Uji	48

3.4	Prosedur Pengujian	48
3.4.1	Persiapan Pengujian	48
3.4.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar.....	48
3.5	Variabel dan Langkah Pengujian	49
3.4.1	Variabel Pengujian	49
3.4.2	Langkah Pengujian.....	50
3.6	Metode Perhitungan	54
3.6.1	Konsumsi Bahan Bakar.....	54
3.6.2	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	54
3.6.3	Efisiensi Bahan Bakar	54
3.6.4	% EGR	55
BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN.....		56
4.1	Data Hasil Pengujian.....	56
4.1.1	Data Hasil Pengujian untuk Prosentase <i>Smoke Opacity</i> (%) terhadap Putaran Mesin (rpm).....	56
4.1.2	Data Hasil Pengujian untuk Prosentase <i>Smoke Opacity</i> terhadap Beban.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran.....	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 P-v Diagram Mesin Diesel	6
Gambar 2.2 Siklus Kerja Mesin Diesel 4 Langkah.....	7
Gambar 2.3 Siklus Aktual Mesin Diesel 4 Langkah.....	8
Gambar 2.4 Proses Pembakaran Mesin Diesel	13
Gambar 2.5 Skema Sistem Penyaluran Bahan Bakar Sampai Menjadi Gas Buang	14
Gambar 2.6 <i>Heater</i> Hot EGR.....	20
Gambar 2.7 Kecepatan dan Profil pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	21
Gambar 2.8 Berbagai Tipe Taping pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	23
Gambar 2.9 Proses Pembentukan Jelaga (<i>soot</i>)	29
Gambar 2.10 Prinsip Pengukuran Opasitas.....	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Deskripsi Mesin Uji	37
Gambar 3.3 Mesin Uji.....	39
Gambar 3.4 Alat Uji Gas Buang	40
Gambar 3.5 <i>Gas Analyser</i>	41
Gambar 3.6 Gelas Ukur.....	42
Gambar 3.7 <i>Stopwatch</i>	42
Gambar 3.8 Termokopel Tipe K	43
Gambar 3.9 Dynamometer	44
Gambar 3.10 <i>Load Display</i>	45
Gambar 3.11 <i>Proximity Sensor</i>	45
Gambar 3.12 <i>Display Proximity Sensor</i>	46
Gambar 3.13 <i>Advantech Portable Data Acquisition Module USB 4718</i>	46
Gambar 3.14 <i>Heater</i> Untuk Pengujian.....	47
Gambar 3.15 <i>Thermostat</i>	47
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara <i>Smoke Opacity</i> dan Putaran Mesin dengan beban 25% dan variasi EGR pada berbagai temperatur.....	57
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara <i>Smoke Opacity</i> dan Putaran Mesin dengan beban 50% dan variasi EGR pada berbagai temperatur	58

Gambar 4.3. Grafik hubungan antara <i>Smoke Opacity</i> dan Putaran Mesin dengan beban 75% dan variasi EGR pada berbagai temperatur	59
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara <i>Smoke Opacity</i> dan Putaran Mesin dengan beban 100% dan variasi EGR pada berbagai temperatur	60
Gambar 4.5 Grafik hubungan <i>Smoke Opacity</i> dan Putaran Mesin pada Cold EGR temperatur 37 °C, Hot EGR temperatur 100 °C dan Tanpa EGR.....	62
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara <i>Smoke Opacity</i> dan Beban pada variasi Cold EGR 37 °C, Hot EGR 100 °C dan tanpa EGR pada putaran mesin 2500 rpm..	63
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara <i>Smoke Opacity</i> dan Beban pada variasi EGR dengan putaran mesin 2500 rpm dan temperatur EGR 100 °C.....	64
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara Efisiensi dan Putaran Mesin dengan variasi bukaan katup beban 25 % dan variasi EGR pada berbagai temperatur EGR.....	66
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara Efisiensi dan Putaran Mesin dengan variasi bukaan katup beban 50 % dan variasi	67
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara Efisiensi dan Putaran Mesin dengan variasi bukaan katup beban 75 % dan variasi EGR pada berbagai temperatur EGR.....	69
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara Efisiensi dan Putaran Mesin dengan variasi bukaan katup beban 100 % dan variasi EGR pada berbagai temperatur EGR.....	70
Gambar 4.12 Grafik hubungan antara Effisiensi dan Beban pada variasi EGR dengan putaran mesin 2500 rpm dan temperatur EGR 100 °C.....	72
Gambar 4.13 Grafik hubungan antara Effisiensi Bahan Bakar dan Beban pada variasi Cold EGR 37 °C, Hot EGR 100 °C dan tanpa EGR pada putaran mesin 2500 rpm.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standart Mutu Bahan Bakar Diesel.....	12
Tabel 2.2 Standart dan Mutu Minyak Solar	15
Tabel 3.1 Diskripsi Alat Uji	37
Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Uji	38
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat uji Gas Buang	39
Tabel 3.4 Spesifikasi Gas <i>Analyzer</i>	40
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Thermokopel</i>	43
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Dynamometer</i>	44
Tabel 4.1 Pengaruh EGR Terhadap bsfc dan Efisiensi Bahan Bakar	74
Tabel 4.2 Pengaruh EGR Terhadap <i>Smoke Opacity</i>	74

DAFTAR SIMBOL

A	area, m ²
b	jarak lengan torsi, m
b_{mep}	tekanan efektif rata-rata, kPa
$bsfc$	konsumsi bahan bakar spesifik, kg/ kW. Jam
$B\&L$	diameter langkah, mm
D	diameter, m
F	gaya, N
\dot{m}	laju aliran massa, kg s ⁻¹
n	putaran kerja, rev/m
n_R	jumlah putaran engkol untuk setiap langkah kerja
N	putaran mesin, rpm
P	daya, Kw
P	tekanan, Pa
P_1-P_2	beda tekanan pada orifice meter
T	temperatur, K
T	torsi, Nm
t	waktu, s
V	volume, ml
V	gas <i>velocity</i> , m s ⁻¹
V_d	volume silinder, dm ³
Q_{HV}	harga panas dari bahan bakar, kj/kg
β	/
ρ	densitas, kg m ⁻³
	FAR relatif
η_f	efisiensi dari kerja mesin
η_v	efisiensi volumetrik