



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH *COLD EGR (EXHAUST GAS RECIRCULATION)*
TERHADAP GAS BUANG PADA MESIN DIESEL**

TUGAS AKHIR

WIJANG SETIYO .P

L2E 308 029

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

2011

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Wijang Setiyo Purwoko

NIM : L2E 308029

Pembimbing : Dr. Syaiful, ST, MT

Jangka Waktu : 12 (Dua belas) bulan

Judul : Pengaruh *Cold EGR (Exhaust Gas Recirculation)* Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel

Isi Tugas :

1. Mengetahui pengaruh gas buang dari mesin diesel terhadap Rpm dan Pembebanan setelah menggunakan *Cold EGR*.
2. Membandingkan konsumsi bahan bakar setelah menggunakan *Cold EGR*.

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 : Wijang Setiyo .P

NIM : L2E 308 029

Tanda Tangan : 

Tanggal : Februari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

NAMA : Wijang Setiyo .P
NIM : L2E 308 029
Jurusan/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh *Cold EGR (Exhaust Gas Recirculation)*
Terhadap Gas Buang Pada Mesin Diesel

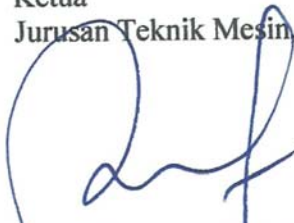
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Syaiful, ST, MT	()
Penguji	: Ir. Djoeli Satridjo, MT	()
Penguji	: Ir. Bambang Yuniyanto MSC	()
Penguji	: Ir. Arijanto, MT	()

Semarang, Februari 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 : Wijang Setiyo .P
NIM : L2E 308 029
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 Cold EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) Terhadap Gas Buang 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 nama Bapak Syaiful, ST , MT, PhD sebagai pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta beserta nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Februari 2011

Yang menyatakan



(**Wijang Setiyo .P**)

ABSTRAK

Kondisi alam sekarang sudah sangat memprihatinkan karena pemanasan global yang salah satunya disebabkan oleh hasil pembakaran kendaraan bermotor yang tidak sempurna. Para pakar otomotif dunia terus melakukan inovasi terhadap produk-produknya, agar gas buang menjadi lebih ramah lingkungan. Sekarang ini kendaraan yang ramah lingkungan sudah menjadi trend dunia, termasuk di Indonesia.

Pada penelitian ini digunakan EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) yaitu gas buang yang dimasukan kembali ke intake manifold dan berfungsi menurunkan NOx dan konsumsi bahan bakar. EGR yang di gunakan memakai system pendingin untuk mendinginkan suhu gas buang menggunakan HE (Heat Exchanger). Penelitian ini juga meneliti adanya perbedaan kepekatan gas buang antara mesin diesel yang menggunakan *Cold EGR* dengan mesin diesel standar tanpa penggunaan *Cold EGR*.

Pengujian dilakukan pada mesin isuzu panther indirect injection dengan bahan bakar solar. Dari hasil pengujian dengan penambahan alat berupa EGR diperoleh kenaikan opacity sebesar 108,54 % sehingga asap yang keluar jauh lebih banyak di banding tanpa penggunaan EGR, Akan tetapi penggunaan EGR memberi dampak positif yaitu meningkatnya efisiensi bahan bakar (η_f) sebesar 64,14 % di banding mesin tanpa penggunaan EGR. Semua data di ambil pada EGR 12,6% dengan temperatur T_3 60°C saat putaran 2500 rpm dengan beban 100%.

Kata kunci : EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), *Cold EGR*, opacity, efisiensi bahan bakar (η_f)

ABSTRACT

Natural conditions are concerned now because of global warming, one of which is caused by the burning of vehicles that are not perfect .. The experts automotive world continues to innovate on its products, for the exhaust gas to be more environmentally friendly. Now this environmentally friendly vehicles has become a trend of the world, Including in Indonesia.

In this study, EGR (exhaust gas recirculation) that is inserted exhaust manifold back to the intact and functioning reduce NOx and fuel consumption. EGR in use wear cooling system to cool the gas temperature using the HE (Heat Exchanger). This study also examines the differences between the concentrations of exhaust gases using a diesel engine EGR Cold with standard diesel engines without the use of Cold EGR.

Tests performed on panther isuzu engine with indirect injection diesel fuel. From the test results with the addition of EGR device obtained an increase of 108.54% opacity so that the smoke that comes out far more in the appeal without the use of EGR, but the use of EGR will give positive impact of increased fuel efficiency (η_f) amounted to 64.14% in appeal engine without the use of EGR. All data taken at 12.6% EGR 600C with a temperature T_3 at 2500 rpm rotation with load 100%.

Keywords: *EGR (exhaust gas recirculation), Cold EGR, opacity, fuel efficiency (η_f)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- Ibu, Bapak dan keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a serta dukungan baik moral maupun material.
- Semua pihak yang telah membantu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak dan Ibu yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat.
2. Dr. Syaiful, ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
3. Teman-teman seperjuangan di team EGR.
4. Teman-teman Teknik Mesin UNDIP Ekstensi 2008.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan Penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, 19 Februari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK.....	
.....	v
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
NOMENKLATUR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Metodologi Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Mesin Diesel	4
2.1.1 Siklus Diesel (Diesel Tekanan Tetap)	5
2.1.2 Siklus Aktual Motor Diesel	6
2.1.3 Bahan Bakar Diesel	6
2.1.4 Emisi Gas Buang	8
2.2. Teori Pembakaran.....	10
2.3. Cara Pembakaran.....	12
2.3.1 Jenis Pembakaran	15

2.4.	Perbandingan IDI dan DI	15
2.5.	Prinsip Kerja Mesin Diesel.....	16
2.6.	<i>Exhaust Gas Recirculating</i> (EGR)	18
2.6.1	Klasifikasi EGR	20
2.7.	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	24

BAB III PROSEDUR PENGUJIAN

3.1	Diagram Alir Metodologi Pengujian.....	28
3.2	Deskripsi Alat-Alat Uji	29
3.2.1	Mesin Uji	30
3.2.2	Alat Uji Gas Buang	30
3.2.3	Prinsip Kerja Gas Analyzer	31
3.2.4	Gelas Ukur	32
3.2.5	Stopwatch	32
3.2.6	Termokopel	33
3.2.7	Dinamometer	33
3.2.8	Proximity sensor	35
3.2.9	Advantech Portable Data Acquisition Module.....	36
3.2.10	<i>Heat Exchanger / Cooler</i>	37
3.2.11	Thermostat	38
3.3	Kalibrasi Alat Uji	39
3.4	Prosedur Pengujian.....	39
3.4.1	Persiapan pengujian.....	39
3.4.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar	39
3.5	Variabel dan Langkah Pengujian	40
3.5.1	Variabel Pengujian	40
3.5.2	Langkah Pengujian	41
3.6	Metode perhitungan.....	45
3.6.1	Perhitungan daya	45
3.6.2	Konsumsi bahan bakar	46
3.6.3	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	46

3.6.4 Efisiensi Bahan Bakar	47
3.6.5 Konsumsi Udara	47
3.6.6 Perhitungan FAR (Fuel-Air Ratio).....	48
3.6.7 Prosentase Opacity	48

BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

4.1. Data Hasil Pengujian	49
4.1.1. Data Hasil Pengujian Untuk Prosentase smoke opacity (%) terhadap putaran (rpm)	49
4.1.2. Data Hasil Pengujian Untuk Prosentase smoke opacity (%) terhadap Beban (%)	54
4.1.3. Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	56

BAB V PENUTUP

4.1. Kesimpulan	63
4.2. Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Diesel Diagram P-V	5
Gambar 2.2	Siklus Aktual Motor Diesel 4 langkah	6
Gambar 2.3	Skema mesin diesel	10
Gambar 2.4	System indirect injection (IDI)	13
Gambar 2.5	System direct injection (DI)	14
Gambar 2.6	Siklus Motor Diesel 4 langkah	18
Gambar 2.7	Lubang katup EGR	20
Gambar 2.8	Langkah kerja cold EGR.....	21
Gambar 2.9	Jenis aliran pada <i>heat exchanger</i>	21
Gambar 2.10	Contoh grafik aliran pada <i>counter flow heat exchanger</i>	22
Gambar 2.11	Kecepatan dan profil pada <i>orifice plate flowmeter</i> [4].	24
Gambar 2.12	Berbagai tipe tapping pada <i>orifice flowmeter</i>	26
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi penelitian.	28
Gambar 3.2	Deskripsi alat-alat uji	29
Gambar 3.3	Mesin Uji	30
Gambar 3.4	Alat Uji Gas Buang.....	31
Gambar 3.5	Smoke analyser	31
Gambar 3.6	Gelas Ukur	32
Gambar 3.7	Stopwatch.....	32
Gambar 3.8	Termokopel	33
Gambar 3.9	Dynamometer	34
Gambar 3.10	<i>Dispay Load</i>	35
Gambar 3.11	Proximity sensor	35
Gambar 3.12	Display Proximity Sensor	36
Gambar 3.13	Advantech Portable Data Acquisition Module USB 4718	36
Gambar 3.14	Pendingin yang digunakan pada penelitian Cold EGR.....	37
Gambar 3.15	Thermostat Autonic	38

Gambar 4.1	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi beban 25% dengan % EGR pada temperatur T ₃ 37 ⁰ C, 40 ⁰ C, 50 ⁰ C, 60 ⁰ C.....	50
Grafik 4.2	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi beban 50% dengan % EGR pada temperatur T ₃ 37 ⁰ C, 40 ⁰ C, 50 ⁰ C, 60 ⁰ C.....	50
Grafik 4.3	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi beban 75% dengan % EGR pada temperatur T ₃ 37 ⁰ C, 40 ⁰ C, 50 ⁰ C, 60 ⁰ C.....	51
Grafik 4.4	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) variasi beban 100% dengan % EGR pada temperatur T ₃ 37 ⁰ C, 40 ⁰ C, 50 ⁰ C, 60 ⁰ C.....	52
Grafik 4.5	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan N (rpm) untuk variasi % EGR pada Cold EGR temperatur T ₃ 37 ⁰ C dan Hot EGR temperatur T ₃ 100 ⁰ C dengan (N) 2500rpm.	53
Grafik 4.6	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan % Load untuk variasi % EGR dengan (N) 2500rpm dan temperatur T ₃ 37 ⁰ C.	54
Grafik 4.7	Grafik hubungan antara Smoke Opacity (%) dan Load (%) untuk variasi % EGR pada Cold EGR temperatur T ₃ 37 ⁰ C dan Hot EGR temperatur T ₃ 100 ⁰ C dengan (N) 2500rpm.....	55
Grafik 4.8	Grafik hubungan antara η_f dan N pada variasi beban 25%, % EGR dan variasi temperatur T ₃	57
Grafik 4.9	Grafik hubungan antara η_f dan N pada variasi beban 50%, % EGR dan variasi temperatur T ₃	57
Grafik 4.10	Grafik hubungan antara η_f dan N pada variasi beban 75%, % EGR dan variasi temperatur T ₃	58
Grafik 4.11	Grafik hubungan antara η_f dan N pada variasi beban 100%, % EGR dan variasi temperatur T ₃	59
Grafik 4.12	Grafik hubungan antara η_f dan <i>load</i> untuk variasi % EGR dengan (N) 2500 rpm dan temperatur T ₃ = 37 ⁰ C	60

Grafik 4.13	Grafik hubungan antara η_f dan Load (%) untuk variasi % EGR pada Cold EGR temperatur T_3 37 ⁰ C dan Hot EGR temperatur T_3 100 ⁰ C dengan (N) 2500rpm saat beban 100%.....	61
Grafik 4.14	Grafik hubungan antara η_f dan smoke opacity (%) untuk variasi %EGR pada Cold EGR temperatur T_3 37 ⁰ C dan Hot EGR temperatur T_3 100 ⁰ C dengan (N) 2500rpm saat beban 100%.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi minyak solar sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.....	8
Tabel 5.1	Hasil perhitungan % Opacity dibandingkan 10,3-12,6% EGR pada T 60 ⁰ C saat 2500 rpm	63
Tabel 5.2	Hasil perhitungan η_f 0% EGR dibandingkan 10,3%-12,6% EGR pada T 60 ⁰ C saat 2500 rpm	64

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luasan	m^2
b	Jarak Lengan Torsi	M
Bsfc	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	kg/ kW. Jam
B&L	Diameter langkah	mm
C	Panas Spesifik	kJ/kg. °C
D	Diameter	m
F	Gaya,	N
K	Kepekatan asap	m^{-1}
\dot{m}	Laju Aliran Massa	$kg\ s^{-1}$
Mep	Tekanan efektif rata-rata	kPa
n	Putaran Kerja	rev/m
N	Prosentase kepekatan asap	%
P	Daya	Kw
P	Tekanan	Pa
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
ρ	Densitas	$kg\ m^{-3}$
η_f	Efisiensi Dari Kerja Mesin	%