



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**EFEK MAGNETIK TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL  
PADA SISTEM COLD EGR MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR  
CAMPURAN SOLAR – MINYAK JARAK**

**TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD FARID FADLI**

**L2E 605 233**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
MARET 2012  
TUGAS SARJANA**

Diberikan kepada : Nama : Muhammad Farid Fadli  
NIM : L2E 605 233

Dosen Pembimbing I : Ir. Arijanto, MT

Dosen Pembimbing II : -

Jangka Waktu : 4 bulan

Judul : EFEK MAGNETIK TERHADAP PERFORMA MESIN  
DIESEL PADA SISTEM COLD EGR MENGGUNAKAN  
BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR - MINYAK JARAK

Isi Tugas :

- Mengetahui pengaruh *Ring Magnet Elektrik* terhadap performa mesin diesel dengan bahan bakar campuran solar – minyak jarak.
- Mengetahui pengaruh sistem *Cold EGR* terhadap performa mesin diesel dengan bahan bakar campuran solar - minyak jarak.

Semarang, Maret 2012

Menyetujui,

Pembimbing



Ir. Arijanto, MT  
NIP. 195301211983121001

## 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 : Muhammad Farid Fadli

NIM : L2E 605 233

Tanda Tangan : 

Tanggal : 21 Maret 2012


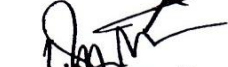


## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

Nama : Muhammad Farid Fadli  
NIM : L2E 605 233  
Jurusan/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Efek Magnetik Terhadap Performa Mesin Diesel  
Pada Sistem Cold EGR Menggunakan Bahan  
Bakar Campuran Solar – Minyak Jarak

**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	: Ir. Arijanto, MT	(  )
Penguji	: Dr. Syaiful, ST, MT	(  )
Penguji	: Yusuf Umardhani, ST, MT	(  )
Penguji	: Dr. Ir. Eflita Yohana, PhD	(  )

Semarang, 21 Maret 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



**Dr. Sulardjaka, ST, MT.**

NIP. 197104201998021001

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

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

Nama : Muhammad Farid Fadli  
NIM : L2E 605 233  
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** (*Nonexclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **“Efek Magnetik Terhadap Performa Mesin Diesel Pada System Cold EGR Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar – Minyak Jarak”**

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 **Dr. Syaiful, ST, MT** sebagai pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta beserta nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 21 Maret 2012

Yang menyatakan,



**(Muhammad Farid Fadli)**

## ABSTRAK

Mesin diesel telah dikenal sebagai jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi. Salah satu keunggulan mesin diesel adalah sistem pembakarannya menggunakan *compression-ignition* sehingga memungkinkan tercapainya tekanan awal yang tinggi sebelum terjadi proses pembakaran. Hal ini menjadikan mesin diesel mempunyai fleksibilitas jenis bahan bakar yang bisa digunakan. Salah satunya adalah minyak nabati (*biofuel*). *Jatropha* telah dikenal sebagai bahan bakar alternatif terbarukan yang menarik yang dihasilkan dari minyak nabati. Oleh karena itu penggunaan *Jatropha* adalah pilihan yang tepat sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel dalam menghadapi krisis minyak bumi di dunia. EGR (*Exhaust Gas Recirculaing*) pada mesin disel digunakan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan konsumsi bahan bakar. *Cold EGR* adalah suatu metode yang digunakan untuk mensirkulasikan gas buang kembali ke *intake manifold*. Pada penelitian ini, gas buang yang disirkulasikan didinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan *heat exchanger*. Dalam hal ini, gas buang sebelum masuk kembali ke ruang bakar temperaturnya diturunkan menjadi 37°C. Pada penelitian ini, bahan bakar yang masuk saluran pada *ring magnet elektrik* akan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *ring magnet elektrik*. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa variasi, yaitu variasi beban, rpm, % EGR, penggunaan dan tanpa *ring magnet elektrik*, temperatur EGR 37°C, dan variasi campuran *jatropha* - solar. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa peningkatan dan penurunan nilai Daya, BMEP, dan  $\phi$  tidak terlihat signifikan dengan adanya *Cold EGR*. Yang mempengaruhi nilai tersebut adalah peningkatan beban dan rpm. Penggunaan *Cold EGR* dengan variasi campuran bahan bakar menyebabkan nilai BSFC semakin turun,  $\eta_f$  meningkat dan  $\eta_v$  turun dibandingkan tanpa menggunakan *cold EGR*.

**Kata kunci:** performa mesin diesel, *heat exchanger* - EGR, *ring magnet elektrik*, bahan bakar campuran solar - minyak jarak

## **ABSTRACT**

*Diesel engines have been known as a type of internal combustion engine that has high efficiency. One of the benefits of diesel engines is the combustion system using compression-ignition making it possible to achieve high initial pressure before the combustion process. This makes diesel engines have the flexibility of the type of fuel that can be used. One of them is vegetable oil (biofuels). Jatropha has been known as a renewable alternative fuel produced from vegetable oil. Therefore, the use of Jatropha is a good choice as an alternative fuel for diesel engines against the petroleum crisis in the world. EGR (Exhaust Gas Recirculating) on diesel engines used to improve fuel efficiency and reduce fuel consumption. Cold EGR is a method used to circulate the exhaust gas back into the intake manifold. In this research, the circulated flue gas is cooled advance using the heat exchanger. In this case, the flue gas temperature before re-entering the combustion chamber is lowered to 37°C. In this research, the fuel which is enter to the canal of ring magnet electric will be heated first using ring magnet electric. The test is performed with some variations i.e. variation of the load, rpm, % EGR, with and without ring magnet electric, 37°C EGR temperature, and mixed variations jatropha – diesel fuel. From this research could be found that the increase and decrease in value of power, BMEP, and  $\phi$  does not appear significant in the presence of Cold EGR. The increasing the load and rpm are effecting the value. The use of Cold EGR with the variation of fuel mixture causing BSFC value declining,  $\eta_f$  increased and  $\eta_v$  decreased compared without using cold EGR.*

**Keywords:** *diesel engine performance, heat exchanger - EGR, ring magnet electric, diesel - jatropha oil fuel mixture*

## **MOTTO**

- *Kalau ingat bapak ibu “nyangkul di sawah” agar anak-anaknya sekolah, rasanya malu kalau sampai tidak pintar.*
- *Mengapa terlalu mengkhawatirkan hari esok? Padahal ada banyak hal yang bisa dikerjakan sekarang.*
- *Bukan karena semua itu mungkin, tetapi semua itu pasti. Maka lihatlah kepastian terkecil, bukan kemungkinan terbesar.*

## **PERSEMBAHAN**

Laporan Tugas Sarjana ini saya persembahkan untuk orang-orang yang tiada hentinya menyayangi dan mendo'akan saya:

*Bapak, Ibu, dan Keluarga Tercinta*

Terima kasih atas segalanya



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat anugerah-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “EFEK MAGNETIK TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL PADA SISTEM COLD EGR MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR - MINYAK JARAK”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada program strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

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

1. Ir. Arijanto, MT, selaku Dosen Pembimbing I
2. Dr. Syaiful, ST, MT, selaku Dosen Pencetus ide Tugas Akhir saya
3. Dr. Sulardjaka, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
4. Ibu, Bapak dan keluarga tercinta yang tak bosan-bosannya berdoa dan memberikan semangat kepada penulis setiap saat.
5. Rekan-rekan satu kelompok Tugas Sarjana *Ring Magnet Elektrik* dan *Cold EGR*.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2005 yang telah banyak membantu penulis baik secara moril, maupun materiil.

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 kepada siapa saja yang membutuhkan data maupun referensi yang ada dalam laporan ini.

Terima kasih.

Semarang, 21 Maret 2012

Penulis

## ABSTRAK

Mesin diesel telah dikenal sebagai jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi. Salah satu keunggulan mesin diesel adalah sistem pembakarannya menggunakan *compression-ignition* sehingga memungkinkan tercapainya tekanan awal yang tinggi sebelum terjadi proses pembakaran. Hal ini menjadikan mesin diesel mempunyai fleksibilitas jenis bahan bakar yang bisa digunakan. Salah satunya adalah minyak nabati (*biofuel*). *Jatropha* telah dikenal sebagai bahan bakar alternatif terbarukan yang menarik yang dihasilkan dari minyak nabati. Oleh karena itu penggunaan *Jatropha* adalah pilihan yang tepat sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel dalam menghadapi krisis minyak bumi di dunia. EGR (*Exhaust Gas Recirculating*) pada mesin disel digunakan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan konsumsi bahan bakar. *Cold EGR* adalah suatu metode yang digunakan untuk mensirkulasikan gas buang kembali ke *intake manifold*. Pada penelitian ini, gas buang yang disirkulasikan didinginkan terlebih dahulu dengan menggunakan *heat exchanger*. Dalam hal ini, gas buang sebelum masuk kembali ke ruang bakar temperaturnya diturunkan menjadi 37°C. Pada penelitian ini, bahan bakar yang masuk saluran pada *ring magnet elektrik* akan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *ring magnet elektrik*. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa variasi, yaitu variasi beban, rpm, % EGR, penggunaan dan tanpa *ring magnet elektrik*, temperatur EGR 37°C, dan variasi campuran *jatropha* - solar. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa peningkatan dan penurunan nilai Daya, BMEP, dan  $\phi$  tidak terlihat signifikan dengan adanya *Cold EGR*. Yang mempengaruhi nilai tersebut adalah peningkatan beban dan rpm. Penggunaan *Cold EGR* dengan variasi campuran bahan bakar menyebabkan nilai BSFC semakin turun,  $\eta_f$  meningkat dan  $\eta_v$  turun dibandingkan tanpa menggunakan *cold EGR*.

**Kata kunci:** performa mesin diesel, *heat exchanger* - EGR, *ring magnet elektrik*, bahan bakar campuran solar - minyak jarak

## **ABSTRACT**

*Diesel engines have been known as a type of internal combustion engine that has high efficiency. One of the benefits of diesel engines is the combustion system using compression-ignition making it possible to achieve high initial pressure before the combustion process. This makes diesel engines have the flexibility of the type of fuel that can be used. One of them is vegetable oil (biofuels). Jatropha has been known as a renewable alternative fuel produced from vegetable oil. Therefore, the use of Jatropha is a good choice as an alternative fuel for diesel engines against the petroleum crisis in the world. EGR (Exhaust Gas Recirculating) on diesel engines used to improve fuel efficiency and reduce fuel consumption. Cold EGR is a method used to circulate the exhaust gas back into the intake manifold. In this research, the circulated flue gas is cooled advance using the heat exchanger. In this case, the flue gas temperature before re-entering the combustion chamber is lowered to 37°C. In this research, the fuel which is enter to the canal of ring magnet electric will be heated first using ring magnet electric. The test is performed with some variations i.e. variation of the load, rpm, % EGR, with and without ring magnet electric, 37°C EGR temperature, and mixed variations jatropha – diesel fuel. From this research could be found that the increase and decrease in value of power, BMEP, and  $\phi$  does not appear significant in the presence of Cold EGR. The increasing the load and rpm are effecting the value. The use of Cold EGR with the variation of fuel mixture causing BSFC value declining,  $\eta_f$  increased and  $\eta_v$  decreased compared without using cold EGR.*

**Keywords:** *diesel engine performance, heat exchanger - EGR, ring magnet electric, diesel - jatropha oil fuel mixture*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xxv
NOMENKLATUR.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metode Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Mesin Diesel.....	6
2.1.1 Siklus Diesel.....	7
2.1.2 Siklus Aktual Motor Diesel.....	9
2.2 Bahan Bakar Minyak Jarak ( <i>Jatropha</i> ) .....	9
2.2.1 Sifat Kimia dan Fisika Minyak Jarak .....	9

2.2.2	Karakteristik Bahan Bakar Mesin Diesel .....	11
2.3	Teori Pembakaran .....	12
2.4	Alat Penghemat Bahan Bakar .....	15
2.4.1	<i>Ring Magnet Elektrik</i> .....	15
2.4.2	Cara Pemasangan .....	16
2.4.3	Prinsip Kerja.....	16
2.5	Parameter Prestasi Mesin .....	17
2.5.1	Torsi dan Daya Pengereman .....	17
2.5.2	Tekanan Efektif Rata-rata .....	20
2.5.3	Rasio Ekuivalen.....	21
2.5.4	Konsumsi Bahan Bakar .....	22
2.5.5	Efisiensi Bahan Bakar .....	22
2.5.6	Efisiensi Volumetrik .....	24
2.6	<i>Exhaust Gas Recirculation (EGR)</i> .....	24
2.7	<i>Orifice Plate Flowmeter</i> .....	24
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		33
3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	33
3.2	Deskripsi Alat Uji.....	34
3.2.1	Mesin Uji .....	35
3.2.2	Alat Uji Gas Buang.....	37
3.2.3	<i>Smoke Analysis Chamber</i> .....	38
3.2.4	Buret .....	39
3.2.5	<i>Stopwatch</i> .....	40
3.2.6	<i>Heat Exchanger / Cooler</i> .....	40
3.2.7	Termokopel.....	42
3.2.8	Dinamometer .....	43
3.2.9	<i>Proximity Sensor</i> .....	44
3.2.10	Thermostat .....	45
3.2.11	<i>Orifice Plate Flowmeter</i> .....	45
3.3	Kalibrasi Alat Uji.....	46

3.4	Prosedur Pengujian .....	48
3.4.1	Persiapan Pengujian.....	48
3.4.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar .....	49
3.5	Variabel dan Langkah Pengujian .....	49
3.5.1	Variabel Pengujian .....	50
3.5.2	Langkah Pengujian .....	50
3.6	Metode Perhitungan .....	54
3.6.1	Perhitungan Daya .....	54
3.6.2	Konsumsi Bahan Bakar .....	54
3.6.3	Konsumsi Udara .....	55
3.6.4	Perhitungan FAR ( <i>Fuel Air Ratio</i> ) .....	55
3.6.5	Efisiensi Bahan Bakar .....	56
3.6.6	Efisiensi Volumetrik.....	56
BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN .....		57
4.1	Data dan Analisa Hasil Pengujian Bahan Bakar B10S90 .....	57
4.1.1	Data dan Analisa Hasil Pengujian Daya Pengereman (P) .....	57
4.1.2	Data dan Analisa Hasil Pengujian BMEP .....	61
4.1.3	Data dan Analisa Hasil Pengujian BSFC .....	65
4.1.4	Data dan Analisa Hasil Pengujian Pengujian Rasio Ekuivalen ( $\phi$ ) .....	69
4.1.5	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar ( $\eta_f$ ) ..	73
4.1.6	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ ).....	77
4.2	Data dan Analisa Hasil Pengujian Bahan Bakar B20S80 .....	82
4.2.1	Data dan Analisa Hasil Pengujian Daya Pengereman (P).....	82
4.2.2	Data dan Analisa Hasil Pengujian BMEP .....	86
4.2.3	Data dan Analisa Hasil Pengujian BSFC .....	90
4.2.4	Data dan Analisa Hasil Pengujian Pengujian Rasio Ekuivalen ( $\phi$ ) .....	94
4.2.5	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar ( $\eta_f$ ) ..	98
4.2.6	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ ).....	102

4.3	Data dan Analisa Hasil Pengujian Bahan Bakar B30S70 .....	107
4.3.1	Data dan Analisa Hasil Pengujian Daya Pengereman (P) .....	107
4.3.2	Data dan Analisa Hasil Pengujian BMEP .....	111
4.3.3	Data dan Analisa Hasil Pengujian BSFC .....	115
4.3.4	Data dan Analisa Hasil Pengujian Pengujian Rasio Ekuivalen ( $\phi$ ) .....	119
4.3.5	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar ( $\eta_f$ ) ..	123
4.3.6	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ ).....	127
4.4	Data Perbandingan antara Solar dengan B10S90, B20S80, dan B30S70 .....	131
4.4.1	Data dan Analisa Hasil Pengujian Daya Pengereman (P) .....	132
4.4.2	Data dan Analisa Hasil Pengujian BSFC .....	133
4.4.3	Data dan Analisa Hasil Pengujian Pengujian Rasio Ekuivalen ( $\phi$ ) .....	135
4.4.4	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar ( $\eta_f$ ) ..	137
4.4.5	Data dan Analisa Hasil Pengujian Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ ).....	139
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		141
5.1	Kesimpulan.....	141
5.2	Saran .....	143

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 .....	Sistem EGR pada Mesin Diesel	2
Gambar 2.1 .....	Siklus Diesel Diagram P-v	7
Gambar 2.2 .....	Siklus Motor Diesel 4 langkah	8
Gambar 2.3 .....	Siklus Aktual Motor Diesel 4 Langkah	9
Gambar 2.4 .....	Struktur Kimia Minyak Jarak Pagar	10
Gambar 2.5 .....	Proses Pembakaran Mesin Diesel	13
Gambar 2.6 .....	Skema Sistem Penyaluran Bahan Bakar sampai Menjadi Gas Buang	14
Gambar 2.7 .....	Ring Magnet Elektrik	16
Gambar 2.8 .....	(a) Prinsip Kerja Ring Diesel dan (b) Mekanisme Kerja Magnet	17
Gambar 2.9 .....	Prinsip Kerja Dynamometer	20
Gambar 2.10 .....	Langkah Kerja <i>Cold</i> EGR	26
Gambar 2.11 .....	Jenis aliran pada <i>Heat Exchanger</i>	27
Gambar 2.12 .....	Contoh grafik aliran pada counter flow <i>Heat Exchanger</i>	28
Gambar 2.13 .....	Kecepatan dan Profil pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	30
Gambar 2.14 .....	berbagai tipe <i>Taping</i> pada <i>Orifice Flowmeter</i>	32
Gambar 3.1 .....	Diagram Alir Metodologi Penelitian	33
Gambar 3.2 .....	Deskripsi Alat-alat Uji	34
Gambar 3.3 .....	Mesin Uji	35
Gambar 3.4 .....	Alat Uji Gas Buang	37
Gambar 3.5 .....	<i>Smoke Analysis Chamber</i>	38
Gambar 3.6 .....	Buret	39
Gambar 3.7 .....	<i>Stopwatch</i>	40
Gambar 3.8 .....	Pendingin yang digunakan pada <i>Cold</i> EGR	41
Gambar 3.9 .....	Termokopel Tipe K	42
Gambar 3.10 .....	Dinamometer	43
Gambar 3.11 .....	<i>Display Load</i>	44
Gambar 3.12 .....	<i>Proximity Sensor</i>	44
Gambar 3.13 .....	<i>Display Proximity Sensor</i>	45
Gambar 3.14 .....	<i>Thermostat Autonic</i>	45
Gambar 3.15 .....	<i>Orifice Plate</i>	46
Gambar 3.16	Grafik hubungan antara $V$ (m/s) dengan Putaran mesin (rpm) yang menyatakan perbandingan	
Gambar 3.17	Grafik kalibrasi termokopel yang menyatakan perbandingan hasil pengukuran dari termokopel	
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara daya (P) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.7	Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.8	Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.9	Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.10	Grafik hubungan antara BMEP dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.11	Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	



Gambar 4.12 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.13 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.14 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk bahan bakar B10S90 pada beban 100% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR 37°C .....	67
Gambar 4.15 Grafik hubungan antara BSFC dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.16 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.17 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.18 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.19 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.20 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.21 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.22 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.23 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk bahan bakar B10S90 pada beban 75% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR 37°C .....	75
Gambar 4.24 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.25 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.26 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.27 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.28 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.29 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.30 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.31 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untu	
Gambar 4.32 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untu	
Gambar 4.33 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untu	
Gambar 4.34 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untu	
Gambar 4.35 Grafik hubungan antara daya (P) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untu	
Gambar 4.36 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.37 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.38 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.39 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.40 Grafik hubungan antara BMEP dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.41 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.42 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.43 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.44 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk bahan bakar B20S80 pada beban 100% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR 37°C .....	92
Gambar 4.45 Grafik hubungan antara BSFC dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.46 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.47 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.48 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.49 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.50 Grafik hubungan antara $(\phi)$ dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.51 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	

Gambar 4.52 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.53 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk bahan bakar B20S80 pada beban 75% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR 37°C .....	100
Gambar 4.54 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.55 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.56 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.57 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.58 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.59 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.60 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.61 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.62 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.63 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.64 Grafik hubungan antara daya (P) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.65 Grafik hubungan antara daya (P) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.66 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.67 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.68 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.69 Grafik hubungan antara BMEP dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.70 Grafik hubungan antara BMEP dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.71 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.72 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.73 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.74 Grafik hubungan antara BSFC dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk bahan bakar B30S70 pada beban 100% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR 37°C .....	117
Gambar 4.75 Grafik hubungan antara BSFC dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.76 Grafik hubungan antara ( $\phi$ ) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.77 Grafik hubungan antara ( $\phi$ ) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.78 Grafik hubungan antara ( $\phi$ ) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.79 Grafik hubungan antara ( $\phi$ ) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.80 Grafik hubungan antara ( $\phi$ ) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk ba	
Gambar 4.81 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.82 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.83 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk bahan bakar B30S70 pada beban 75% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR 37°C .....	125
Gambar 4.84 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.85 Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.86 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.87 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.88 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.89 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan N (rpm) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	
Gambar 4.90 Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan <i>load</i> (%) dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk	

Gambar 4.91	Grafik hubungan antara daya (P) dan % EGR dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 37 <sup>0</sup> C.....	132
Gambar 4.92	Grafik hubungan antara BSFC dan % EGR dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 37 <sup>0</sup> C.....	134
Gambar 4.93	Grafik hubungan antara ( $\phi$ ) dan % EGR dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 37 <sup>0</sup> C.....	136
Gambar 4.94	Grafik hubungan antara $\eta_f$ (%) dan % EGR dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 37 <sup>0</sup> C.....	138
Gambar 4.95	Grafik hubungan antara $\eta_v$ (%) dan % EGR dan pengaruh <i>Ring Magnet Elektrik</i> untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, dan B30S70 pada 2500 rpm, beban 100%, dan temperatur EGR 37 <sup>0</sup> C	139

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika Minyak Jarak .....	10
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Uji .....	36
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Uji Gas Buang.....	37
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Smoke Analysis Chamber</i> .....	38
Tabel 3.4 Spesifikasi Termokopel.....	42
Tabel 3.5 Spesifikasi Dinamometer .....	43

## NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
$A$	Luasan	$m^2$
$b$	Jarak lengan torsi	m
BMEP	Tekanan efektif rata-rata pengereman	kPa
bsfc	Konsumsi bahan bakar spesifik	kg/kW.h
B&L	Diameter langkah	mm
$C$	Panas spesifik	kJ/kg.°C
$C_d$	<i>Discharge coefficient</i>	-
$D$	Diameter	m
$F$	Gaya	N
$\left(\frac{F}{A}\right)$	<i>Fuel air ratio</i>	-
$k$	Rasio panas spesifik	-
$\dot{m}$	Laju aliran massa	kg s <sup>-1</sup>
$n_R$	Jumlah putaran engkol untuk sekali langkah kerja	-
$N$	Putaran kerja	rev/m
$P$	Daya	kW
$P$	Tekanan	kPa
Re	Bilangan Reynold	-
$T$	Temperatur	°C
$T$	Torsi	Nm
$t$	Waktu	s
$V$	Volume	ml
$V$	Kecepatan	ms <sup>-1</sup>
$V_d$	Volume silinder	dm <sup>3</sup>
$Q$	Debit	ml/s
$Q_{HV}$	Harga panas dari bahan bakar	kJ/kg
$Y$	Faktor ekspansi	-

$\beta$	Rasio diameter <i>orifice</i>	-
$\rho$	Densitas	$\text{kgm}^{-3}$
$\eta$	Efisiensi	%
$\phi$	Ekuivalen rasio	-