



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**KARAKTERISTIK MESIN DIESEL DENGAN *HOT EGR*
(*EXHAUST GAS RECIRCULATION*) MENGGUNAKAN BAHAN
BAKAR CAMPURAN DIESEL
DAN MINYAK JARAK**

TUGAS AKHIR

YANUAR MURDANI

L2E 308 030

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

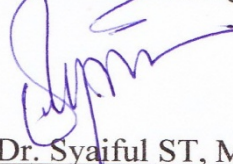
JUNI 2011

TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Yanuar Murdani
NIM : L2E 308 030
- Dosen Pembimbing : Dr. Syaiful ST, MT
- Jangka Waktu : 14 (sebelas) bulan
- Judul : Karakteristik Mesin Diesel Dengan *Hot EGR* (*Exhaust Gas Recirculation*) Menggunakan Bahan Bakar Campuran Diesel Dan Minyak Jarak
- Isi Tugas : Mengetahui performa dari mesin diesel setelah menggunakan *Hot EGR* menggunakan bahan bakar campuran diesel dan minyak jarak.
1. Menentukan daya mesin (P) setelah menggunakan hot EGR
 2. Menentukan tekanan efektif rata-rata (BMEP)
 3. Menentukan ratio Fuel/Air Ratio (ϕ)
 4. Menentukan konsumsi bahan bakar (Q)
 5. Menentukan efisiensi bahan bakar (η_f)
 6. Menentukan efisiensi volumetrik (η_v)

Semarang, Juni 2011

Dosen Pembimbing



Dr. Syaiful ST, MT

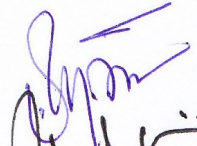
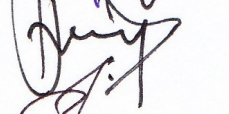

NIP. 197403081999031005

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Yanuar Murdani
NIM : L2E 308 030
Jurusan/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Skripsi : Karakteristik Mesin Diesel Dengan *Hot EGR*
(*Exhaust Gas Recirculation*) Menggunakan Bahan Bakar Campuran Diesel Dan 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 : Dr. Syaiful, ST, MT ()
Penguji : Dr. MSK. Toni Suryo Utomo, ST, MT ()
Penguji : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT ()

Semarang, Juni 2011

Ketua
Jurusan Teknik Mesin,


Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK.


NIP. 195907221987031003

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 : Yanuar Murdani

NIM : L2E 308 030

Tanda Tangan : 

Tanggal : 24 Juni 2011

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Yanuar Murdani
NIM : L2E 308 030
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 :

**“Karakteristik Mesin Diesel Dengan *Hot EGR (Exhaust Gas Recirculation)*
Menggunakan Bahan Bakar Campuran Diesel dan 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 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 : 24 Juni 2011

Yang menyatakan



(**Yanuar Murdani**)

HALAMAN PERSEMBAHAN

*... Dalam kehidupan ini kita dapat melakukan hal kecil yang berguna
tapi bagi orang lain hal tersebut adalah hal yang besar*

*"Jangan mempersulit orang lain jika tidak ingin dipersulit orang dan jangan
menolong orang lain setengah-setengah" ...*

Semua ini kupersembahkan, demi masa depanku..
demi almaterku...demi orang yang mendukungku..
dan demi orang yang menyayangi dan mendampingiku
(Alm)ayah, mama, kakak , dan kekasihku tercinta,,
thanxz for all...

ABSTRAK

Pada saat ini ketersediaan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi sangat terbatas dan merupakan sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui. *Jatropha* telah dikenal sebagai bahan bakar alternatif yang menarik meskipun *Jatropha* dihasilkan dari minyak nabati. Oleh karena itu penggunaan *Jatropha* adalah pilihan yang tepat sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel. EGR pada mesin diesel digunakan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan bahan bakar. Hot EGR adalah suatu metode yang digunakan untuk mensirkulasikan gas buang kembali ke *intake manifold*. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi, yaitu beban, rpm, %EGR, temperatur 70°C sampai 100°C dengan variasi bahan bakar campuran *Jatropha* dan solar. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa Daya, BMEP, dan ϕ tidak terlihat peningkatan dan penurunan yang signifikan dengan adanya Hot EGR. Yang mempengaruhi nilai tersebut adalah peningkatan beban dan rpm. Penggunaan Hot EGR dengan variasi campuran bahan terjadi bakar perubahan pada \dot{m}_f yang semakin turun, efisiensi bahan bakar meningkat dan efisiensi volumetrik turun dibandingkan tanpa menggunakan Hot EGR

Kata kunci : mesin diesel, *Hot EGR*, performa, minyak jarak

ABSTRACT

Recently, fuel availability of petroleum is limited and un-renewable natural resources. Jatropha has known as alternative fuel even though Jatropha resulted from vegetable oil. Therefore, Jatropha usage is the right choice as alternative fuel and to reduce fuel. HOT EGR is a method used to circulate exhaust re entering intake manifold. This research performed with a few variations, that are load, rpm, %EGR, and EGR temperature from 70⁰C to 100⁰C using Jatropha and diesel oi blendl. Based on research, obtained that power, BMEP, and Φ has no significant improvement and reducing with Hot EGR. Which is influencing the value is load and rpm. Hot EGR usage with mix variance of substance occurred in fuel change on \dot{m}_f which is getting decrease, fuel efficiency improved and volumetric efficiency getting decrease than without Hot EGR.

Key words: Diesel machine, Hot EGR, Jatropha oil

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **“KARAKTERISTIK MESIN DIESEL DENGAN HOT EGR (*EXSHAUST GAS RECIRCULATION*) MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN DIESEL DAN MUNYAKJARAK”**. 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. Syaiful ST, MT, PhD selaku Dosen Pembimbing.
2. Subroto, Amd, selaku teknisi Laboratorium Thermofluid Teknik Mesin Undip.
3. Seluruh Dosen, Karyawan, Staf pengajar di Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
4. Kedua orangtua, kakak dan adik atas doa, bantuan serta dorongannya selama ini.
5. Teman-teman kelompok Tugas Sarjana *EGR*.
6. Teman-teman “kost Lele”.
7. Teman-teman ekstensi D3’08.
8. 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 kepada siapa saja yang membutuhkan data maupun referensi yang ada dalam laporan ini.

Terima kasih.

Semarang, Juni 2011

Penulis

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	D_2/D_1
ρ	densitas, kg m ⁻³
ϕ	FAR relatif
η_f	efisiensi dari kerja mesin
η_v	efisiensi volumetrik

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Mesin Diesel	4
2.1.1 Siklus Diesel (Diesel Tekanan Tetap)	5
2.1.2 Siklus Aktual Motor Diesel	7
2.1.3 Bahan Bakar Minyak Jarak	8
2.2 Teori Pembakaran	9
2.2.1 Jenis Pembakaran.....	10
2.3 Parameter Prestasi Mesin.....	11
2.3.1 Torsi dan Daya Pengereman	12
2.3.2 <i>Brake Mean Effective Pressure</i> (bmep)	14

2.3.3	Perbandingan Udara Bahan Bakar (FAR).....	15
2.3.4	Konsumsi Bahan Bakar (Q).....	16
2.3.5	Efisiensi Bahan Bakar (η_f).....	17
2.3.6	Efisiensi Volumetrik (η_v)	18
2.4	<i>Exhaust Gas Recirculating</i> (EGR).....	19
2.4.1	Klasifikasi EGR	21
2.5	<i>Heater</i>	21
2.6	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	22
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	26
3.2	Diagram Alir Metodologi Pengujian	27
3.3	Deskripsi Alat-Alat Uji	27
3.3.1	Mesin Uji	28
3.3.2	Alat Uji Gas Buang.....	29
3.3.3	Prinsip Kerja <i>Gas Analyser</i>	32
3.3.4	<i>Buret</i>	33
3.3.5	<i>Stopwatch</i>	34
3.3.6	<i>Thermokopel</i>	34
3.3.7	Dinamometer.....	35
3.3.8	<i>Proximity Sensor</i>	37
3.3.9	<i>Advantech Portable Data Acquisition Module</i>	37
3.3.10	<i>Heater</i>	38
3.3.11	Thermostat	39
3.3.12	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	39
3.4	Kalibrasi Alat Uji.....	40
3.5	Prosedur Pengujian	40
3.5.1	Persiapan Pengujian	40
3.5.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar.....	41
3.6	Variabel dan Langkah Pengujian	42
3.7	Variabel Pengujian.....	42
3.7.1	Langkah Pengujian.....	42
3.8	Metode Perhitungan	46
3.8.1	Perhitungan Daya.....	46

3.8.2	Konsumsi Bahan Bakar.....	47
3.8.3	Kecepatan Udara.....	47
3.8.3.1	Konsumsi Udara.....	47
3.8.4	Perhitungan FAR	48
3.8.5	Efisiensi Bahan Bakar.....	48
3.8.6	Efisiensi Volumetrik.....	48
BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN.....		49
4.1	Data Hasil Pengujian Campuran Biodiesel 10% dengan Solar 90%	49
4.1.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	49
4.1.2	Data Hasil Pengujian BMEP.....	53
4.1.3	Data Hasil Pengujian ϕ	56
4.1.4	Data Hasil Pengujian Q.....	60
4.1.5	Data Hasil Pengujian η_f	64
4.1.6	Data Hasil Pengujian η_v	68
4.2	Data Hasil Pengujian Campuran Biodiesel 20% dengan Solar 80%	73
4.2.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	73
4.2.2	Data Hasil Pengujian BMEP.....	77
4.2.3	Data Hasil Pengujian ϕ	80
4.2.4	Data Hasil Pengujian Q.....	84
4.2.5	Data Hasil Pengujian η_f	88
4.2.6	Data Hasil Pengujian η_v	92
4.3	Data Hasil Pengujian Campuran Biodiesel 30% dengan Solar 70%	97
4.3.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	97
4.3.2	Data Hasil Pengujian BMEP.....	101
4.3.3	Data Hasil Pengujian ϕ	104
4.3.4	Data Hasil Pengujian Q.....	108
4.3.5	Data Hasil Pengujian η_f	112
4.3.6	Data Hasil Pengujian η_v	116
4.4	Data Perbandingan Solar 100% dengan Campuran Biodiesel 10% dengan Solar 90% Sampai Campuran Biodiesel 30% dengan Solar 70%	121
4.4.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	121
4.4.2	Data Hasil Pengujian BMEP.....	122
4.4.3	Data Hasil Pengujian ϕ	124

4.4.4	Data Hasil Pengujian Q.....	125
4.4.5	Data Hasil Pengujian η_f	127
4.4.6	Data Hasil Pengujian η_v	128

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	130
5.1	Kesimpulan	130
5.2	Saran	131

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Diesel Diagram P-V	5
Gambar 2.2 Siklus Motor Diesel 4 Langkah	7
Gambar 2.3 Siklus Aktual Motor Diesel 4 Langkah.....	7
Gambar 2.4 Siklus Aktual Motor Diesel 4 Langkah.....	9
Gambar 2.5 Proses Pembakaran Mesin Diesel	9
Gambar 2.6 Prinsip Kerja Dinamometer	13
Gambar 2.7 Heater <i>Hot</i> EGR	21
Gambar 2.7 Kecepatan dan Profil pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	22
Gambar 2.8 Berbagai Tipe Taping pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	24
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian	26
Gambar 3.2 Diagram alir metodologi pengujian	27
Gambar 3.3 Skema <i>Hot</i> EGR dan Alat Ukur.....	28
Gambar 3.4 Mesin Uji.....	29
Gambar 3.5 Alat Uji Gas Buang	31
Gambar 3.6 <i>Smoke Analyser</i>	32
Gambar 3.7 <i>Buret</i>	33
Gambar 3.8 <i>Stopwatch</i>	34
Gambar 3.9 Termokopel Tipe K.....	35
Gambar 3.10 Dinamometer.....	36
Gambar 3.11 <i>Display Load</i>	36
Gambar 3.12 <i>Proximity Sensor</i>	37
Gambar 3.13 <i>Display Proximity Sensor</i>	37
Gambar 3.14 <i>Advantech Portable Data Acquisition Module USB 4718</i>	38
Gambar 3.15 <i>Heater 600 watt</i>	38
Gambar 3.16 <i>Thermostat Autonic</i>	39
Gambar 3.17 <i>Orifice Plate</i>	39
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	50
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	50

Gambar 4.3. Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi % EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	51
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	51
Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Daya (P) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	52
Gambar 4.6 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	53
Gambar 4.7 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	54
Gambar 4.8 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	54
Gambar 4.9 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	55
Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara bmep (kPa) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	55
Gambar 4.11 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	57
Gambar 4.12 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	57
Gambar 4.13 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	58

Gambar 4.14 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	58
Gambar 4.15 Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	60
Gambar 4.16 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	61
Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 50% dengan Variasi % EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	61
Gambar 4.18 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	62
Gambar 4.19 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 100% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	62
Gambar 4.20 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan Load Untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm dan temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	64
Gambar 4.21 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	65
Gambar 4.22 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	65
Gambar 4.23 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	66
Gambar 4.24 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	66

Gambar 4.25 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan Load untuk Variasi % EGR dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	68
Gambar 4.26 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	69
Gambar 4.27 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	69
Gambar 4.28 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	70
Gambar 4.29 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi % EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	70
Gambar 4.30 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	72
Gambar 4.31. Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	74
Gambar 4.32 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	74
Gambar 4.33. Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi % EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	75
Gambar 4.34 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	75
Gambar 4.35 Grafik Hubungan antara Daya (P) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%.....	76

Gambar 4.36 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	77
Gambar 4.37 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	78
Gambar 4.38 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	78
Gambar 4.39 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	79
Gambar 4.40 Grafik Hubungan antara bmep (kPa) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	79
Gambar 4.41 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	81
Gambar 4.22 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	81
Gambar 4.43 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	82
Gambar 4.44 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	82
Gambar 4.45 Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	84
Gambar 4.46 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	85

Gambar 4.47 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 50% dengan Variasi % EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%.....	85
Gambar 4.48 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%.....	86
Gambar 4.49 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 100% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%.....	86
Gambar 4.50 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan Load Untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm dan temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	87
Gambar 4.51 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	89
Gambar 4.52 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	89
Gambar 4.53 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	90
Gambar 4.54 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	90
Gambar 4.55 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan Load untuk Variasi % EGR dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	92
Gambar 4.56 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	93
Gambar 4.57 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20%S80%	93

Gambar 4.58 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	94
Gambar 4.59 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi % EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	94
Gambar 4.60 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	96
Gambar 4.61. Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	98
Gambar 4.62 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	98
Gambar 4.63. Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi % EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	98
Gambar 4.64 Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	98
Gambar 4.65 Grafik Hubungan antara Daya (P) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	100
Gambar 4.66 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	101
Gambar 4.67 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	102
Gambar 4.68 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 75% Dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	102

Gambar 4.69 Grafik Hubungan bmep (kPa) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	103
Gambar 4.70 Grafik Hubungan antara bmep (kPa) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	103
Gambar 4.71 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	106
Gambar 4.72 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	105
Gambar 4.73 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	106
Gambar 4.74 Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi EGR untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	106
Gambar 4.75 Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	108
Gambar 4.76 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	109
Gambar 4.77 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 50% dengan Variasi % EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	109
Gambar 4.78 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	110
Gambar 4.79 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 100% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	110

Gambar 4.80 Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s)) dan Load Untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm dan temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	112
Gambar 4.81 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	113
Gambar 4.82 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	113
Gambar 4.83 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	114
Gambar 4.84 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	114
Gambar 4.85 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan Load untuk Variasi % EGR dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	116
Gambar 4.86 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	117
Gambar 4.87 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	117
Gambar 4.88 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	118
Gambar 4.89 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi % EGR dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	118
Gambar 4.90 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load untuk Variasi EGR dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	120

Gambar 4.91 Grafik Hubungan antara P (%) dan Load 100% untuk Variasi % EGR dengan (N) 2100 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90% BD20%S80%, BD30%S70%	122
Gambar 4.92 Grafik Hubungan antara BMEP (%) dan N 2100 (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90% BD20%S80%, BD30%S70%	123
Gambar 4.93 Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan N 2100(rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90% BD20%S80%, BD30%S70%	125
Gambar 4.94 Grafik Hubungan antara Q (%) dan N 2100 (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90% BD20%S80%, BD30%S70%	127
Gambar 4.95 Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N 200 (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi % EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90% BD20%S80%, BD30%S70%	128
Gambar 4.96 Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load 100% untuk Variasi EGR dengan (N) 2100 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90% BD20%S80%, BD30%S70%	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika Minyak Jarak	8
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Diesel Yang Dipakai	29
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Uji Gas Buang	31
Tabel 3.3 Spesifikasi Gas Analyser	33
Tabel 3.4 Spesifikasi Termokopel	34
Tabel 3.5 Spesifikasi Dinamometr.....	35