



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

TUGAS AKHIR

YUSTINUS AGUNG LEGOWO

L2E 308 031

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2011**

TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Yustinus Agung Legowo
NIM : L2E 308 031
- Dosen Pembimbing : Dr. Syaiful ST, MT
- Jangka Waktu : 15 (lima belas) bulan
- Judul : Karakteristik Mesin Diesel Dengan *COLD EGR* (*Exhaust Gas Recirculation*) Menggunakan Bahan Bakar Campuran Diesel Dan Minyak Jarak
- Isi Tugas : Mengetahui performa dari mesin diesel setelah menggunakan *COLD EGR* menggunakan bahan bakar campuran diesel dan minyak jarak.
1. Menentukan daya mesin (P) setelah menggunakan *COLD EGR*
 2. Menentukan tekanan efektif rata-rata (BMEP)
 3. Menentukan ratio Ratio Equivalensi (n)
 4. Menentukan konsumsi bahan bakar (Q)
 5. Menentukan efisiensi bahan bakar (η_f)
 6. Menentukan efisiensi volumetrik (η_v)

Semarang, September 2011

Dosen Pembimbing

Dr. Syaiful ST, MT

NIP. 197403081999031005

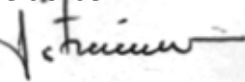
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Yustinus Agung Legowo

NIM : L2E 308 031

Tanda Tangan :






Tanggal : September 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Yustinus Agung Legowo
NIM : L2E 308 031
Jurusan/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Skripsi : Karakteristik Mesin Diesel Dengan *COLD EGR*
(*Exhaust Gas Recirculation*) Menggunakan Bahan
Bakar Campuran Diesel Dan Minyak Jarak

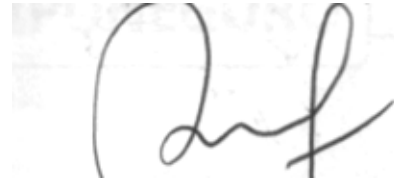
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Syaiful, ST, MT ()
Penguji : ()
Penguji : ()

Semarang, September 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 : Yustinus Agung Legowo
NIM : L2E 308 031
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian 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 *COLD 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 : September 2011

Yang menyatakan



(**Yustinus Agung Legowo**)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Have no fear of moving into the unknown. Simply step out fearlessly knowing that I am with you, therefore no harm can befall you; all is very, very well. Do this in complete faith and confidence.....[Pope John Paul II](#)

Young people are threatened... by the evil use of advertising techniques that stimulate the natural inclination to avoid hard work by promising the immediate satisfaction of every desire.....[Pope John Paul II](#)

*Semua ini kupersembahkan, demi masa depanku..
demi almaterku...demi orang yang mendukungku..
dan demi orang yang menyayangi dan mendampingi
istri dan kedua anakku tercinta,,, orang tuaku.
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. COLD 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 COLD EGR. Yang mempengaruhi nilai tersebut adalah peningkatan beban dan rpm. Penggunaan COLD EGR dengan variasi campuran bahan terjadi bakar perubahan pada η_f yang semakin turun, efisiensi bahan bakar meningkat dan efisiensi volumetrik turun dibandingkan tanpa menggunakan COLD EGR

Kata kunci : mesin diesel, COLD 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. COLD 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 COLD EGR. Which is influencing the value is load and rpm. COLD EGR usage with mix variance of substance occurred in fuel change on η_f which is getting decrease, fuel efficiency improved and volumetric efficiency getting decrease than without COLD EGR.

Key words: Diesel machine, COLD 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 COLD EGR (*EXSHAUST GAS RECIRCULATION*) MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN DIESEL DAN MUNYAK JARAK”**. 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. Istriku dan Kedua orangtua atas doa, bantuan serta dorongannya selama ini.
5. Teman-teman kelompok Tugas Sarjana *EGR*.
6. Teman-teman ekstensi D3'08.
7. 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, September 2011

Penulis

DAFTAR SIMBOL

A	area, m^2
b	jarak lengan torsi, m
BMEP	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, $kg\ m^{-3}$
n	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.....	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 Minyak Jarak	9

2.2	Teori Pembakaran.....	10
2.2.1	Jenis Pembakaran.....	11
2.3	Parameter Prestasi Mesin.....	12
2.3.1	Torsi dan Daya Pengereman.....	12
2.3.2	Tekanan Efektif Rata-Rata.....	14
2.3.3	Perbandingan Udara Bahan Bakar (<i>Ratio Equivalensi</i>).....	15
2.3.4	Konsumsi Bahan Bakar (Q).....	17
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>Cooler</i>	21
2.6	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	23
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	27
3.2	Deskripsi Alat-Alat Uji.....	28
3.2.1	Mesin Uji.....	29
3.2.2	Alat Uji Gas Buang.....	31
3.2.3	Prinsip Kerja <i>Gas Analyser</i>	32
3.2.4	<i>Buret</i>	33
3.2.5	<i>Stopwatch</i>	34
3.2.6	<i>Thermokopel</i>	34
3.2.7	Dinamometer.....	35
3.2.8	<i>Proximity Sensor</i>	37
3.2.9	<i>Advantech Portable Data Acquisition Module</i>	37
3.2.10	<i>Cooler</i>	38
3.2.11	<i>Thermostat</i>	39
3.2.12	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	40

3.3	Kalibrasi Alat Uji.....	40
3.4	Prosedur Pengujian	44
3.4.1	Persiapan Pengujian	44
3.4.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar.....	44
3.5	Parameter dan Langkah Pengujian	45
3.5.1	Parameter Pengujian	45
3.5.2	Langkah Pengujian.....	45
3.6	Metode Perhitungan.....	49
3.6.1	Perhitungan Daya	49
3.6.2	Konsumsi Bahan Bakar	50
3.6.3	Kecepatan Udara	50
1.	Konsumsi Udara.....	50
3.6.4	Perhitungan FAR.....	51
3.6.5	Efisiensi Bahan Bakar	51
3.6.6	Efisiensi Volumetrik	51
BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN		52
4.1	Data Hasil Pengujian Campuran Biodiesel 10% dengan Solar 90%	52
4.1.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	52
4.1.2	Data Hasil Pengujian BMEP.....	55
4.1.3	Data Hasil Pengujian ϕ ($FAR_{\text{aktual}}/FAR_{\text{stokiometri}}$)	59
4.1.4	Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (Q)	63
4.1.5	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	67
4.1.6	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Volumetrik (η_v)	71
4.2	Data Hasil Pengujian Campuran Biodiesel 20% dengan Solar 80%	75
4.2.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	75
4.2.2	Data Hasil Pengujian BMEP.....	79
4.2.3	Data Hasil Pengujian 0% ($FAR_{\text{aktual}}/FAR_{\text{stokiometri}}$)	83
4.2.4	Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (Q)	86

4.2.5	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	90
4.2.6	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Volumetrik (η_v)	95
4.3	Data Hasil Pengujian Campuran Biodiesel 30% dengan Solar 70%	99
4.3.1	Data Hasil Pengujian Daya (P)	99
4.3.2	Data Hasil Pengujian BMEP	103
4.3.3	Data Hasil Pengujian ϕ ($FAR_{\text{aktual}}/FAR_{\text{stokiometri}}$)	107
4.3.4	Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (Q)	110
4.3.5	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	114
4.3.6	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Volumetrik (η_v)	119
BAB V PENUTUP		124
5.1	Kesimpulan	124
5.2	Saran	125

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Siklus Diesel Diagram P-V.....	6
Gambar 2.2.	Siklus Motor Diesel 4 Langkah.....	8
Gambar 2.3.	Siklus Aktual Motor Diesel 4 Langkah.....	8
Gambar 2.4.	Struktur Kimia Minyak Jarak Pagar	10
Gambar 2.5.	Proses Pembakaran Mesin Diesel.....	10
Gambar 2.6.	Prinsip Kerja Dinamometer.....	14
Gambar 2.7.	Jenis aliran pada <i>heat exchanger</i>	21
Gambar 2.8.	Kecepatan dan Profil pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	23
Gambar 2.9.	Berbagai Tipe Taping pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	25
Gambar 3.1.	Diagram alir metodologi penelitian	27
Gambar 3.2.	Skema <i>COLD EGR</i> dan Alat Ukur	28
Gambar 3.3.	Mesin Uji.....	29
Gambar 3.4.	Alat Uji Gas Buang.....	31
Gambar 3.5.	Alat Uji Analisis Gas Buang.....	32
Gambar 3.6.	<i>Buret</i>	33
Gambar 3.7.	<i>Stopwatch</i>	33
Gambar 3.8.	Termokopel Tipe K.....	34
Gambar 3.9.	Dinamometer	35
Gambar 3.10.	<i>Display Load</i>	36
Gambar 3.11.	<i>Proximity Sensor</i>	36
Gambar 3.12.	<i>Display Proximity Sensor</i>	37
Gambar 3.13.	<i>Advantech Portable Data Acquisition Module USB 4718</i>	37
Gambar 3.14.	<i>Cooler</i>	38
Gambar 3.15	Penampang <i>cooler (heat exchanger)</i>	38
Gambar 3.16	<i>Thermostat Autonic</i>	40
Gambar 3.17.	<i>Orifice Plate</i>	40
Gambar 3.18	Grafik hubungan antara kecepatan (m/s) dengan	

	Putaran mesin (rpm) yang menyatakan perbandingan hasil pengukuran dari anemometer dengan <i>orifice</i> meter.	42
Gambar 3.19	Grafik hubungan antara Q(L/s) dengan Load pada putaran mesin 2500 rpm.	43
Gambar 4.1.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	53
Gambar 4.2.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	53
Gambar 4.3.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	54
Gambar 4.4.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	54
Gambar 4.5.	Grafik Hubungan antara Daya (P) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	55
Gambar 4.6.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	56
Gambar 4.7.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	57
Gambar 4.8.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	57
Gambar 4.9.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 100%	

	dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	58
Gambar 4.10.	Grafik Hubungan antara BMEP (kPa) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	58
Gambar 4.11.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	60
Gambar 4.12.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	60
Gambar 4.13.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	61
Gambar 4.14.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	61
Gambar 4.15.	Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	63
Gambar 4.16.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	64
Gambar 4.17.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	64
Gambar 4.18.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi RPM	

	Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	65
Gambar 4.19.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	65
Gambar 4.20.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan Load Untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	67
Gambar 4.21.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	68
Gambar 4.22.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	68
Gambar 4.23.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	69
Gambar 4.24.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	69
Gambar 4.25.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	71
Gambar 4.26.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	72
Gambar 4.27.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10%S90%	72
Gambar 4.28.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 75%	

	dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	73
Gambar 4.29.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	73
Gambar 4.30.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	75
Gambar 4.31.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	77
Gambar 4.32.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	77
Gambar 4.33.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	78
Gambar 4.34.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD10% S90%	78
Gambar 4.35.	Grafik Hubungan antara Daya (P) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	79
Gambar 4.36.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	80
Gambar 4.37.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan	

	Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	81
Gambar 4.38.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	81
Gambar 4.39.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	82
Gambar 4.40.	Grafik Hubungan antara BMEP (kPa) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	82
Gambar 4.41.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	83
Gambar 4.22.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	83
Gambar 4.43.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	84
Gambar 4.44.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	84
Gambar 4.45.	Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	86
Gambar 4.46.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	87

- Gambar 4.47.** Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%87
- Gambar 4.48.** Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%88
- Gambar 4.49.** Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%88
- Gambar 4.50.** Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan Load Untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80% .89
- Gambar 4.51.** Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%91
- Gambar 4.52.** Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%91
- Gambar 4.53.** Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%92
- Gambar 4.54.** Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%92
- Gambar 4.55.** Grafik Hubungan antara η_f (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%94
- Gambar 4.56.** Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 25%

	dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	95
Gambar 4.57.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	95
Gambar 4.58.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	96
Gambar 4.59.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	96
Gambar 4.60.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD20% S80%	98
Gambar 4.61.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	99
Gambar 4.62.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	99
Gambar 4.63.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	100
Gambar 4.64.	Grafik Hubungan Daya (P) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%	101
Gambar 4.65.	Grafik Hubungan antara Daya (P) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan	

	Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	101
Gambar 4.66.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	102
Gambar 4.67.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban50% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	103
Gambar 4.68.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	103
Gambar 4.69.	Grafik Hubungan BMEP (kPa) dan Variasi RPM untuk Beban 100% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	104
Gambar 4.70.	Grafik Hubungan antara BMEP (kPa) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	104
Gambar 4.71.	Grafik Hubungan n (%) dan Variasi RPM untuk Beban 25% dengan variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR Dengan Varias campuran Bahan Bakar BD30%S70%	106
Gambar 4.72.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 50% Dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	106
Gambar 4.73.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 75% dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	107
Gambar 4.74.	Grafik Hubungan ϕ (%) dan Variasi RPM untuk Beban 100% Dengan Variasi (N) rpm dan variasi Temperatur EGR	

	dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	107
Gambar 4.75.	Grafik Hubungan antara ϕ (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm EGR dan Temperatur EGR 100°C dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%	109
Gambar 4.76.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	110
Gambar 4.77.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	110
Gambar 4.78.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	111
Gambar 4.79.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan N (rpm) untuk beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	111
Gambar 4.80.	Grafik Hubungan antara konsumsi bahan bakar (ml/s) dan Load Untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	113
Gambar 4.81.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30%S70%.....	114
Gambar 4.82.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 50%	

	dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	114
Gambar 4.83.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	115
Gambar 4.84.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	115
Gambar 4.85.	Grafik Hubungan antara η_f (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	117
Gambar 4.86.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 25% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	118
Gambar 4.87.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 50% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	118
Gambar 4.88.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 75% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	119
Gambar 4.89.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk Beban 100% dengan Variasi RPM dan Variasi Temperatur EGR Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	119
Gambar 4.90.	Grafik Hubungan antara η_v (%) dan Load untuk Variasi RPM dengan (N) 2500 rpm dan Temperatur EGR 100°C Dengan Variasi campuran Bahan Bakar BD30% S70%.....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisika Minyak Jarak	9
Tabel 3.1	Spesifikasi Mesin Diesel Yang Dipakai	29
Tabel 3.2	Spesifikasi Alat Uji Gas Buang	30
Tabel 3.3	Spesifikasi Gas Analyser	32
Tabel 3.4	Spesifikasi Termokopel	34
Tabel 3.5	Spesifikasi Dinamometr	35
Tabel 3.6	Pengambilan data menggunakan anemometer digital	41
Tabel 3.7	Perhitungan dengan menggunakan <i>orifice</i> meter	41
Tabel 3.8	Pengambilan data menggunakan thermometer	42
Tbael 3.9	Pengambilan data menggunakan dynamometer	43