



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH SISTEM *VENTURI SCRUBBER* - EGR
TERHADAP EMISI JELAGA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN
BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR - MINYAK JARAK**

TUGAS AKHIR

ANDIKA IVAN NUGROHO

L2E 605 205

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

2011

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Andika Ivan Nugroho
NIM : L2E 605 205

Dosen Pembimbing I : Dr. Syaiful, ST, MT

Dosen Pembimbing II : Ir. Arijanto, MT

Jangka Waktu : 6 bulan

Judul : PENGARUH SISTEM *VENTURI SCRUBBER* – EGR
TERHADAP EMISI JELAGA MESIN DIESEL
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR
- MINYAK JARAK

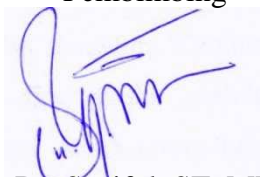
Isi Tugas :

- Mengetahui pengaruh sistem *Venturi Scrubber* - EGR terhadap emisi jelaga mesin diesel dengan bahan bakar campuran solar - minyak jarak
- Mengetahui fungsi dan bagian-bagian dari sistem *Venturi Scrubber* - EGR

Semarang, September 2011

Menyetujui,

Pembimbing



Dr. Syaiful, ST, MT
NIP. 197403081999031005

Co. Pembimbing



Ir. Arijanto, MT
NIP. 195301211983121001

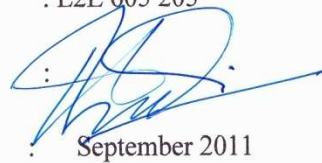
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Andika Ivan Nugroho

NIM : L2E 605 205

Tanda Tangan :



Tanggal : September 2011



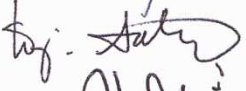

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh,

Nama : Andika Ivan Nugroho
NIM : L2E 605 205
Jurusan/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Sistem *Venturi Scrubber* – EGR terhadap Emisi Jelaga Mesin Diesel 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 : Dr. Syaiful, ST, MT ()
Co. Pembimbing : Ir. Arijanto, MT ()
Penguji : ()
Penguji : ()

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ir. Dipl.-Ing. Berkah Fajar T.K.
NIP.195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Andika Ivan Nugroho
NIM : L2E 605 205
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 :

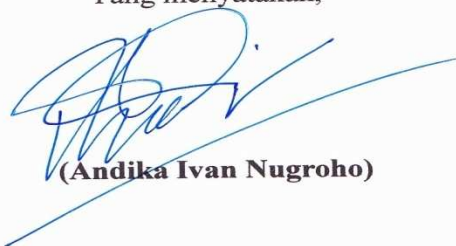
“Pengaruh Sistem Venturi Scrubber – EGR terhadap Emisi Jelaga Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Solar – Minyak Jarak”

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 : September 2011

Yang menyatakan,



(Andika Ivan Nugroho)

ABSTRAK

Kondisi alam sekarang sudah sangat memprihatinkan karena pemanasan global yang salah satunya disebabkan oleh hasil pembakaran kendaraan bermotor yang tidak sempurna. Kendaraan yang ramah lingkungan sudah menjadi tuntutan dunia saat ini, termasuk di Indonesia. Mesin diesel merupakan jenis motor bakar yang mempunyai efisiensi tinggi dibandingkan dengan mesin bensin. Selain itu, mesin diesel dapat menggunakan bahan bakar alternatif. Salah satunya yaitu 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 mesin diesel dalam menghadapi krisis minyak bumi. Namun, dengan keunggulan tersebut, emisi jelaga yang dihasilkan mesin diesel masih cenderung tinggi. EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) pada mesin disel digunakan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan emisi jelaga. *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 *venturi scrubber* pada variasi temperatur 37°C sampai 60°C. Pengujian ini dilakukan pada mesin diesel Isuzu Panther dengan beberapa variasi, yaitu beban, rpm, % EGR, temperatur EGR, dan variasi campuran *jatropha* - solar. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kenaikan % EGR dan temperatur EGR menaikkan *smoke opacity* yang dihasilkan, akan tetapi dapat diturunkan dengan menggunakan *venturi scrubber*. Nilai *smoke opacity* terbaik yaitu 11,03% yang terjadi pada variasi campuran minyak jarak 30%, EGR 13,9%, rpm 1300, baban 25%, dan temperatur EGR 37°C. Sedangkan semakin banyak campuran *jatropha* dalam solar, maka *smoke opacity* yang dihasilkan semakin turun. Dalam kaitannya dengan efisiensi bahan bakar, kenaikan % EGR, temperatur EGR, dan campuran minyak jarak menaikkan efisiensi bahan bakar yang dihasilkan. Nilai efisiensi bahan bakar terbaik yaitu 23,12% yang terjadi pada variasi campuran minyak jarak 30%, EGR 20,9%, rpm 2500, beban 100%, dan temperatur EGR 60°C.

Kata kunci: Emisi jelaga mesin diesel, *Venturi Scrubber* - EGR, Temperatur – EGR, Bahan bakar campuran solar – minyak jarak

ABSTRACT

Natural conditions are very poor now because of global warming which one of them was caused by the combustion of motor vehicles that are not perfect. Environmentally friendly vehicles has become the current demands of the world, including in Indonesia. The diesel engine is a type of motor fuel which has high efficiency compared to gasoline engines. In addition, diesel engines can use alternative fuels. One of them is vegetable oil (biofuels). Jatropha has been known as a renewable alternative fuel produced interesting from vegetable oils. Therefore the use of Jatropha is a good choice as an alternative fuel for diesel engines in the petroleum crisis. However, with these advantages, the resulting soot emissions of diesel engines is still likely to be high. EGR (Exhaust Gas Recirculation) is used in diesel engines to improve fuel efficiency and reduce soot emissions. Cold EGR is a method used for circulating the exhaust gases back into the intake manifold. In this study, the circulated flue gas is cooled first by using a venturi scrubber at 37 °C to 60 °C temperature variation. This test is performed on diesel engines Isuzu Panther with some variations, ie load, rpm, % EGR, EGR temperature, and mixed variations jatropha - diesel. From the results obtained that the increase of % EGR and EGR temperatures increase the opacity of smoke generated, but can be derived by using a venturi scrubber. The best value of smoke opacity is 11.03% which occurred in a mixture of castor oil variation of 30%, 13.9% EGR, 1300 rpm, load 25%, and 37 ° C temperature EGR. Whereas the more mixture of Jatropha in diesel fuel, the smoke opacity generated on the downside. In terms of fuel efficiency, increase % EGR, EGR temperature, a mixture of jatropha oil are raising the efficiency of fuel produced. Rated the best fuel efficiency is 23.12% which occurred in a mixture of jatropha oil variation of 30%, 20.9% EGR, 2500 rpm, load 100%, and the EGR temperatur 60°C

Key words: Diesel soot emissions, Venturi Scrubber - EGR Temperature - EGR, diesel jatropha oil fuel mixture

MOTTO

- *Kalau ingat bapak ibu bekerja keras, agar anak-anaknya sekolah, rasanya malu kalau tidak segera lulus dan berbakti kepada mereka .*
- *Berpikirlah positif, karena apa yang kita pikirkan, itulah kemungkinan terbesar yang akan Tuhan berikan*
- *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 “PENGARUH SISTEM *VENTURI SCRUBBER* - EGR TERHADAP EMISI JELAGA MESIN DIESEL 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. Dr. Syaiful, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I
2. Ir. Ariyanto, MT, selaku Dosen Pembimbing II
3. Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar T. K., 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 *venturi scrubber – 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, September 2011

Penulis

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.....	xix
NOMENKLATUR.....	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metode Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Mesin Diesel	5
2.1.1 Siklus Diesel	6
2.1.2 Siklus Aktual Motor Diesel.....	8
2.2 Bahan Bakar Minyak Jarak (<i>Jatropha</i>).....	8
2.2.1 Sifat Kimia dan Fisika Minyak Jarak.....	8

2.2.2	Karakteristik Bahan Bakar Mesin Diesel.....	10
2.3	Teori Pembakaran	11
2.4	Emisi Gas Buang.....	15
2.5	Parameter Prestasi Mesin	16
2.5.1	Torsi dan Daya Pengereman	16
2.5.2	Konsumsi Bahan Bakar.....	19
2.5.3	Efisiensi Bahan Bakar	19
2.6	<i>Exhaust Gas Recirculation (EGR)</i>	20
2.7	<i>Venturi Scrubber</i>	22
2.8	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	24
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		28
3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	28
3.2	Deskripsi Alat Uji	29
3.2.1	Mesin Uji	30
3.2.2	Alat Uji Gas Buang.....	32
3.2.3	<i>Smoke Analysis Chamber</i>	33
3.2.4	Buret	34
3.2.5	<i>Stopwatch</i>	35
3.2.6	Termokopel.....	35
3.2.7	Dinamometer	36
3.2.8	<i>Proximity Sensor</i>	37
3.2.9	Thermostat	38
3.2.10	<i>Orifice Plate Flowmeter</i>	39
3.2.11	<i>Heater</i>	39
3.2.12	<i>Venturi Scrubber</i>	40
3.3	Kalibrasi Alat Uji.....	41
3.4	Prosedur Pengujian	43
3.4.1	Persiapan Pengujian.....	43
3.4.2	Pengujian Kalori Bahan Bakar	44
3.5	Variabel dan Langkah Pengujian	44

3.5.1	Variabel Pengujian	45
3.5.2	Langkah Pengujian	45
3.6	Metode Perhitungan	49
3.6.1	Perhitungan Smoke Opacity	49
3.6.2	Perhitungan Daya	49
3.6.3	Konsumsi Bahan Bakar	49
3.6.4	Konsumsi Udara	50
3.6.5	Efisiensi Bahan Bakar	51

BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

4.1.	Data dan Analisa Hasil Pengujian Bahan Bakar B10S90	52
4.1.1.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%) terhadap Putaran (rpm)	52
4.1.2.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%) terhadap Beban (%)	56
4.1.3.	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	56
4.2.	Data dan Analisa Hasil Pengujian Bahan Bakar B20S80	61
4.2.1.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%) terhadap Putaran (rpm)	61
4.2.2.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%) terhadap Beban (%)	65
4.2.3.	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	67
4.3.	Data dan Analisa Hasil Pengujian Bahan Bakar B30S70	71
4.3.1.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%) terhadap Putaran (rpm)	71
4.3.2.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%) terhadap Beban (%)	74
4.3.3.	Data Hasil Pengujian Untuk Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	75
4.4.	Data Perbandingan Antara Solar dengan B10S90, B20S80, B30S70	79
4.4.1.	Data Hasil Pengujian Smoke Opacity (%)	80
4.4.2.	Data Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar (η_f)	82

BAB V PENUTUP.....	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	86

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Diesel Diagram P-v	6
Gambar 2.2	Siklus Motor Diesel 4 langkah	7
Gambar 2.3	Siklus Aktual Motor Diesel 4 Langkah.....	8
Gambar 2.4	Struktur Kimia Minyak Jarak Pagar.....	9
Gambar 2.5	Proses Pembakaran Mesin Diesel	12
Gambar 2.6	Skema Sistem Penyaluran Bahan Bakar sampai Menjadi Gas Buang	13
Gambar 2.7	Prinsip Kerja Dynamometer	16
Gambar 2.8	Berbagai Konfigurasi <i>Venturi Scrubber</i>	23
Gambar 2.9	Kecepatan dan Profil pada <i>Orifice Plate Flowmeter</i>	25
Gambar 2.10	Berbagai Tipe <i>Taping</i> pada <i>Orifice Flowmeter</i>	27
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	32
Gambar 3.5	<i>Smoke Analysis Chamber</i>	33
Gambar 3.6	Buret.....	34
Gambar 3.7	<i>Stopwatch</i>	35
Gambar 3.8	Termokopel Tipe K.....	35
Gambar 3.9	Dinamometer.....	36
Gambar 3.10	<i>Display Load</i>	37
Gambar 3.11	<i>Proximity Sensor</i>	38
Gambar 3.12	<i>Display Proximity Sensor</i>	38
Gambar 3.13	<i>Thermostat Autonic</i>	39
Gambar 3.14	<i>Orifice Plate</i>	39
Gambar 3.15	<i>Heater 3000 watt</i>	40
Gambar 3.16	<i>Venturi Scrubber</i> yang digunakan pada <i>Cold EGR</i>	40

Gambar 3.17	Grafik hubungan antara V (m/s) dengan Putaran mesin (rpm) yang menyatakan perbandingan hasil pengukuran dari anemometer dengan orifice meter.....	42
Gambar 3.18	Grafik kalibrasi termokopel yang menyatakan perbandingan hasil pengukuran dari termometer dengan termokopel	43
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada load 25% dengan variasi temperatur dan % EGR	53
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada load 50% dengan variasi temperatur dan % EGR	53
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada load 75% dengan variasi temperatur dan % EGR	54
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada load 100% dengan variasi temperatur dan % EGR.....	55
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan load (%) untuk bahan bakar B10S90 pada (N) 2100 rpm dengan variasi temperatur dan % EGR.....	56
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada beban 25% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	58
Gambar 4.7	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada beban 50% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	58
Gambar 4.8	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada beban 75% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	59

Gambar 4.9	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada beban 100% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	59
Gambar 4.10	Grafik hubungan antara η_f (%) dan load untuk bahan bakar B10S90 dengan variasi % EGR pada N 2500 rpm dan temperatur EGR 60 ^o	61
Gambar 4.11	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada load 25% dengan variasi temperatur dan % EGR	62
Gambar 4.12	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada load 50% dengan variasi temperatur dan % EGR	63
Gambar 4.13	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada load 75% dengan variasi temperatur dan % EGR	63
Gambar 4.14	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada load 100% dengan variasi temperatur dan % EGR.....	64
Gambar 4.15	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan load (%) untuk bahan bakar B20S80 pada (N) 2100 rpm dengan variasi temperatur dan % EGR.....	66
Gambar 4.16	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada beban 25% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	67
Gambar 4.17	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada beban 50% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	68
Gambar 4.18	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B10S90 pada beban 75% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	68

Gambar 4.19	Grafik hubungan antara η_f (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B20S80 pada beban 25% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	69
Gambar 4.20	Grafik hubungan antara η_f (%) dan load % untuk bahan bakar B20S80 dengan variasi % EGR pada N 2500 rpm dan temperatur EGR 60°C.....	70
Gambar 4.21	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada load 25% dengan variasi temperatur dan % EGR	71
Gambar 4.22	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada load 50% dengan variasi temperatur dan % EGR	72
Gambar 4.23	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada load 75% dengan variasi temperatur dan % EGR	72
Gambar 4.24	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada load 100% dengan variasi temperatur dan % EGR.....	73
Gambar 4.25	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan load (%) untuk bahan bakar B20S80 pada (N) 2100 rpm dengan variasi temperatur dan % EGR.....	74
Gambar 4.26	Grafik hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada beban 25% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	76
Gambar 4.27	Grafik hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada beban 50% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	76
Gambar 4.28	Grafik hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada beban 75% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	77

Gambar 4.29	Grafik hubungan antara η_v (%) dan N (rpm) untuk bahan bakar B30S70 pada beban 100% dengan variasi % EGR dan temperatur EGR.....	77
Gambar 4.30	Grafik hubungan antara η_v (%) dan <i>load</i> (%) untuk bahan bakar B30S70 dengan variasi % EGR pada N 2500 rpm dan temperatur EGR 60°C.....	79
Gambar 4.31	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan % EGR untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, B30S70 pada 2100 rpm, beban 100% dan temperatur EGR 60 ⁰	80
Gambar 4.32	Grafik hubungan antara smoke opacity (%) dan % EGR untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, B30S70 pada 2100 rpm, beban 100% dan temperatur EGR 37 ⁰ -60 ⁰	81
Gambar 4.33	Grafik hubungan antara η_v (%) dan % EGR untuk variasi campuran bahan bakar Solar, B10S90, B20S80, B30S70 pada 2100 rpm, beban 100% dan temperatur EGR 60 ⁰	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika Minyak Jarak.....	9
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Uji	31
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Uji Gas Buang.....	32
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Smoke Analysis Chamber</i>	33
Tabel 3.4 Spesifikasi Termokopel.....	35
Tabel 3.5 Spesifikasi Dinamometer	36

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	$\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
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^{-1}
n_R	Jumlah putaran engkol untuk sekali langkah kerja	-
N	Putaran kerja	rev/m
N	<i>Smoke opacity</i>	(%)
P	Daya	kW
P	Tekanan	kPa
Re	Bilangan Reynold	-
T	Temperatur	$^\circ\text{C}$
T	Torsi	Nm
t	Waktu	s
V	Volume	ml
V	Kecepatan	ms^{-1}
V_d	Volume silinder	dm^3
Q	Debit	ml/s
Q_{HV}	Harga panas dari bahan bakar	kJ/kg

Y	Faktor ekspansi	-
β	Rasio diameter <i>orifice</i>	-
ρ	Densitas	kgm^{-3}
η	Efisiensi	%
ϕ	Ekuivalen rasio	-