

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGATURAN WAKTU PENGAPIAN PADA
MESIN 4 LANGKAH 1 SILINDER BERBAHAN BAKAR E25**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh:

ARJUNA AJI
NIM. I0411010

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2017**

STUDI EKSPERIMENTAL PENGATURAN WAKTU PENGAPIAN PADA MESIN 4 LANGKAH 1 SILINDER BERBAHAN BAKAR E25

Disusun Oleh

ARJUNA AJI
NIM : 10411010

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT
NIP. 197011052006031001


D. DAMARSONO, ST, MT, PhD
NIP. 196905141999031001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Peneliti pada tanggal 15-05-2017 pukul 13:00:00, bertempat di M.102, Gd.1 FT-UNS.

1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST, MT,
197104251999031001
2. Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng
198308182014041001
3. WIBOWO, ST, MT
196904251998021001






Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta


DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir


DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. 197003231998021001

commit to user



**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **0705/TA/S1/04/2016**

Nama : **ARJUNA AJI**
NIM : **10411010**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT/197011052000031001**
Pembimbing 2 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Penguji : **1. Dr. BUDI KRISTIawan, ST., MT/197104251999031001**
2. Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng/198308182014041001
3. WIBOWO, ST, MT/196904251998021001

Mata Kuliah Pendukung

- 1. MOTOR BAKAR(MS06013-10)**
- 2.KECERDASAN BUATAN(MS07013-10)**
- 3.MANAJEMEN ENERGI(MS06123-15)**

Judul Tugas Akhir

**"STUDI EKSPERIMENTAL PENGATURAN WAKTU
PENGAPIAN PADA MESIN 4 LANGKAR 1 SILINDER
BERBAHAN BAKAR E25"**



Surakarta, **2016-04-26 09:02:36**
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
NIP. **197106151998021002**

Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

STUDI EKSPERIMENTAL PENGATURAN WAKTU PENGAPIAN PADA MESIN 4 LANGKAH 1 SILINDER BERBAHAN BAKAR E25

Arjuna Aji

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

arjunaaji18@gmail.com

Abstrak

Penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar premium bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar premium mengingat bahan bakar premium merupakan bahan bakar tak terbarukan. Penambahan etanol pada bahan bakar bertujuan untuk menaikkan angka oktan bahan bakar, akan tetapi etanol memiliki nilai kalor yang lebih rendah sehingga jika digunakan pada mesin SI akan menurunkan unjuk kerja dari mesin. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja mesin yang menggunakan bahan bakar campuran premium-etanol dengan kadar 25% (E25). Pengujian unjuk kerja mesin dilakukan menggunakan dinamometer jenis *engine test bed on chasis*. Pengujian dilakukan pada kondisi pembebanan berubah dan pembebanan tetap. Hasil yang didapatkan dari kedua jenis pembebanan menyatakan bahwa untuk meningkatkan unjuk kerja mesin dapat dilakukan dengan memajukan sudut pengapian sebesar 4° dari standarnya. Hasil pengujian bahan bakar E25 dengan sudut pengapian standar $+4^\circ$ pada beban berubah menghasilkan torsi, daya, tekanan efektif rata-rata dan efisiensi termal meningkat serta konsumsi spesifik terendah.

Kata kunci: Etanol, Premium, Beban, Unjuk kerja, Sudut pengapian

A EXPERIMENTAL STUDY OF IGNITION TIMING ON FOUR STROKE ONE CYLINDER ENGINE USING E25 FUEL

Arjuna Aji

Student Of Undergraduate of Mechanical Engineering Departemen

Sebelas Maret University, Surakarta

arjunaaji18@gmail.com

Abstract

The use of ethanol as a mixture of premium is for reducing dependency to the premium, considering that premium is not renewable. The goal of the ethanol addition in a fuel is to increase the octane number. However the heating value of the ethanol is lower than premium, so it will decrease the performance of the SI engine. The study aimed for increasing the performance of SI engine using E25 as mixture of premium-ethanol. The performance of engine was measured by engine test bed on chassis. Fixed load and change load method were used in the experiment. Both of experiments result were advancing the time of ignition at 4 degree that can improve the engine performance. The result of changes load use E25 fuel with advanced time of ignition at 4 degree can increase engine performance as torque, power, bmep, efficiency thermal and bsfc were decrease and then the result of fixed load use E25 fuel is obtained the lowest bsfc and the highest thermal efficiency.

Keyword: Ethanol, Gasoline, Load, Performance, Time of ignition

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Studi Eksperimental Pengaturan Waktu Pengapian Pada Mesin 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar E25” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta. Dalam penyelesaian skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini, terutama kepada:

1. Sang Pencipta, Allah SWT, atas segala kenikmatan dan kemudahan yang telah diberikan.
2. Bapak Dr.Eng Syamsul Hadi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin UNS Surakarta.
3. Bapak Dr. Nurul Muhyat, ST., MT., selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin UNS Surakarta.
4. Bapak Dr. Budi Santoso, S.T., M.T., selaku Pembimbing I atas bimbingan serta nasehatnya hingga selesainya penulisan skripsi ini.
5. Bapak D. Danardono Dwi Prija T. S.T., M.T., PhD, selaku Pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan, saran, serta bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ayah, Ibu dan seluruh keluarga atas do'a restu, motivasi dan dukungan material maupun spiritual selama penyelesaian Tugas Akhir.
7. Seluruh staf dosen dan staf karyawan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret atas bimbingan dan bantuannya selama penulis menempuh pendidikan.

8. Teman-teman Teknik Mesin 2011 dan seluruh kakak dan adik angkatan teknik mesin UNS.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan moral dan spiritual hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka kritik dan saran penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi ilmu pengetahuan dan kita semua Amin.



Surakarta, 15 mei 2017

Arjuna Aji

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Abstrak	ii
Abstract	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
Daftar Notasi	x
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Motor Bakar	6
2.3. Motor Bensin Empat Langkah	7
2.4. Unjuk Kerja Mesin	9
2.4.1. Torsi dan daya	9
2.4.2. Brake <i>mean effective pressure</i>	11
2.4.3. Brake <i>specific fuel consumption</i>	12
2.4.4. Efisiensi termal	13
2.5. Bahan Bakar	14
2.5.1. Bahan bakar Premium (C_8H_{18})	14
2.5.2. Etanol	15
2.5.3. Campuran Etanol-Premium	16
2.5.4. Penyalaan sendiri (<i>self ignition</i>)	17
2.5.5. Bilangan oktan	18
2.5.6. Sistem pengapian	20
2.5.7. Saat pengapian	21
2.5.8. Capacitor <i>Discharge Ignition (CDI)</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir Penelitian	26
3.2. Alat	27
3.3. Bahan	31
3.4. Skema Alat Penelitian	32
3.5. Prosedur Penelitian	33
3.6. Tahap Persiapan	33
3.6.1. Tahap persiapan	33
3.6.2. Tahap penyetelan alat dan bahan	33

3.6.3. Tahap pengujian	36
3.6.4. Tahap hasil pengujian	37
3.6.5. Tahap analisa data hasil pengujian	38
3.6.6. Tahap variasi sudut pengapian	39
3.6.7. Tahap penarikan kesimpulan	39
BAB IV DATA DAN ANALISA	
4.1. Pengujian Bahan Bakar	40
4.2. Sudut Pengapian	41
4.3. Analisa Pengujian Unjuk Kerja Mesin pada Beban Berubah	44
4.3.1. Torsi	44
4.3.2. Daya poros	46
4.3.3. Tekanan efektif rata-rata	48
4.3.4. Konsumsi bahan bakar spesifik	49
4.3.5. Efisiensi termal	51
4.4. Analisis Pengujian Unjuk Kerja Mesin pada Beban Tetap	52
4.4.1. Torsi, Daya dan Tekanan efektif rata-rata	53
4.4.2. Konsumsi bahan bakar spesifik	53
4.4.3. Efisiensi termal	56
4.4.4. Hubungan antara <i>bsfc</i> dengan <i>bp</i>	58
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	5
Tabel 4.1 Data Hasil Uji Bahan Bakar	40





DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. (a) Tekanan silinder dengan sudut pengapian pada <i>oveadvanced timing</i> (50°), <i>MBT timing</i> (30°) dan <i>retarded timing</i> (10°). (b) Pengaruh pemajuan waktu pengapian pada <i>brake torque</i>	7
Gambar 2.2. Geometri Piston-silinder mesin	7
Gambar 2.3. (a) Hisap (b) Kompresi (c) Ekspansi (d) Buang	8
Gambar 2.4. Skema prinsip operasi dinamometer	9
Gambar 2.5. Grafik karakteristik unjuk kerja mesin SI.....	10
Gambar 2.6. Grafik <i>bsfc</i> , <i>air delivery ratio</i> dan <i>BMEP</i> terhadap putaran mesin	11
Gambar 2.7. Grafik <i>bsfc</i> pada putaran konstan	13
Gambar 2.8. tekanan didalam siliner saat pembakaran pada mesin SI (a) pembakaran normal (b) pembakaran dengan <i>knocking</i> ringan (c) pembakaran dengan <i>knocking</i> berat	17
Gambar 2.9. Ilustrasi <i>knocking</i> pada mesin SI	18
Gambar 2.10. Karakteristik pembakaran dengan nilai oktan yang berbeda .	19
Gambar 2.11. Tekanan didalam silinder	22
Gambar 2.12. Saat pengapian	22
Gambar 2.13. Perhitungan delta pengapian	25
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	26
Gambar 3.2. <i>Programmable CDI Rextor type limited edition</i>	27
Gambar 3.3. Honda Astrea Prima	28
Gambar 3.4. Generator	29
Gambar 3.5. <i>Engine test bed on chassis</i>	32
Gambar 3.6. Soket <i>CDI</i> Honda Astrea Prima	33
Gambar 3.7. Soket <i>programmable CDI</i> Rextor Suzuku Satria Fu	33
Gambar 3.8. Pengukuran pulser <i>angel</i>	34
Gambar 3.9. Magnet Honda C100	35
Gambar 4.1. Sudut pengapian <i>PCDI</i>	42
Gambar 4.2. Grafik perhitungan torsi	44
Gambar 4.3. Grafik perhitungan daya	45
Gambar 4.4. Grafik tekanan efektif rata-rata	47
Gambar 4.5. Grafik <i>bsfc</i> pada pengujian beban berubah	49
Gambar 4.6. Grafik efisiensi termal pada pengujian beban berubah	50
Gambar 4.7. Grafik <i>bsfc</i> pengujian beban tetap pada beban 1 kg.....	52
Gambar 4.8. Grafik <i>bsfc</i> pengujian beban tetap pada beban 3 kg.....	53
Gambar 4.9. Grafik <i>bsfc</i> pengujian beban tetap pada beban 5 kg	53
Gambar 4.10. Grafik efisiensi termal pengujian beban tetap pada beban 1 kg	55
Gambar 4.11. Grafik efisiensi termal pengujian beban tetap pada beban 3 kg	55
Gambar 4.12. Grafik efisiensi termal pengujian beban tetap pada beban 5 kg	55
Gambar 4.13. Grafik hubungan <i>bsfc</i> dengan <i>bp</i> pengujian beban tetap variasi bahan bakar premium	57
Gambar 4.14. Grafik hubungan <i>bsfc</i> dengan <i>bp</i> pengujian beban tetap variasi bahan bakar E25 sudut pengapian standar	57

Gambar 4.15. Grafik hubungan *bsfc* dengan *bp* pengujian beban tetap variasi bahan bakar E25 sudut pengapian standar +2° 58

Gambar 4.16. Grafik hubungan *bsfc* dengan *bp* pengujian beban tetap variasi bahan bakar E25 sudut pengapian standar +4° 58

Gambar 4.17. Grafik hubungan *bsfc* dengan *bp* pengujian beban tetap variasi bahan bakar E25 sudut pengapian standar +6° 58



DAFTAR NOTASI

AC	=	<i>Alternating current</i>
b	=	Panjang lengan (m)
B	=	<i>Bore</i> (dm ³)
BD	=	<i>Bottom dead</i>
BDC	=	<i>Bottom Dead Centre</i> (dm ³)
$bmep$	=	<i>Brake Mean Effective Pressure</i> (kPa)
bp	=	<i>Brake Power</i> (kW)
$bsfc$	=	<i>Brake Spesific Fuel Consumption</i> (kg/kW.h)
C_2H_{18}	=	<i>Ethyl benzena</i>
C_2H_5OH	=	<i>Ethyl alkohol</i>
CO	=	Karbon monooksida
CO_2	=	Karbon dioksida
DC	=	<i>Direct current</i>
$E25$	=	Campuran 25% etanol, 75% premium
F	=	Gaya tarik (N)
fp	=	<i>Friction power</i>
g	=	Percepatan gravitasi (m/s ²)
HC	=	Hidrokarbon
H_2O	=	Uap air
IC	=	<i>Integrated circuit</i>
ip	=	<i>Indicated Power</i> (kW)
\dot{m}_a	=	Laju aliran massa udara (kg/h)
m_f	=	Massa bahan bakar (kg)
\dot{m}_f	=	Laju aliran massa bahan bakar (kg/h)
m_m	=	Massa campuran bahan bakar dan udara (kg)
n_R	=	Jumlah revolusi per siklus
N	=	Putaran mesin (RPM)
NO_x	=	Nitrogen oksida
n	=	Jumlah putaran tiap siklus
ON	=	<i>Octane number</i>
O_2	=	Oksigen
PC	=	<i>Personal Computer</i>
P_o	=	Tekanan udara (kPa)
Q_{HV}	=	Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)
R	=	Nilai konstan gas ideal
S	=	<i>Stroke</i>
SCR	=	<i>Silicon controlled rectifier</i>
SI	=	<i>Spark Ignition</i>
t	=	Waktu (s)
TD	=	<i>Top dead</i>
TDC	=	<i>Top Dead Centre</i> (dm ³)
TMA	=	Titik mati atas
TMB	=	Titik mati bawah
T_o	=	Temperatur udara (kPa)
V_c	=	Volume clearance

commit to user

V_d	=	Volume displacement
z	=	Jumlah silinder
ρ	=	Densitas atau massa jenis (kg/m^3)
a	=	Massa jenis udara (kg/m^3)
f	=	Massa jenis bahan bakar (kg/m^3)
c	=	Efisiensi pembakaran (%)
f	=	Efisiensi termal (%)
	=	Torsi (Nm)
$^{\circ}\text{C}$	=	Temperatur dalam satuan selsius



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data hasil penelitian pengujian beban tetap	61
Lampiran B. Data hasil penelitian pengujian beban berubah	62
Lampiran C. Perhitungan data penelitian.....	67
Lampiran D. Data hasil perhitungan unjuk kerja mesin menggunakan pengujian beban tetap	68
Lampiran E. Data hasil perhitungan unjuk kerja mesin menggunakan pengujian beban berubah	74
Lampiran F. Data sudut pengapian yang diujikan	76
Lampiran G. Penyetelan drajat pengapian pada <i>PCDI</i> Rextor	77



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia sebagian besar kendaraan bermotor berkerja menggunakan bahan bakar tak terbarukan. Penggunaan secara terus menerus tentunya dapat menghabiskan cadangan bahan bakar tersebut. Untuk mencegah hal tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan bahan bakar lain yang dapat diperbaharui. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan etanol sebagai bahan bakar pengganti maupun campuran bahan bakar pada kendaraan bermotor.

Etanol merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat dihasilkan dari fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat. Pencampuran etanol dapat menaikkan nilai oktan bahan bakar, mengingat etanol mengandung 30% oksigen, sehingga etanol dapat dikategorikan sebagai *high octane gasoline (HOG)* (Wahid, 2005). Penambahan etanol mampu menciptakan pembakaran yang lebih sempurna, pada hal ini terbukti dengan penurunan nilai emisi gas buang CO dan peningkatan emisi CO₂ (Agrariksa, 2013). Kalor laten penguapan etanol lebih tinggi 3-5 kali sehingga temperatur pada *intake manifold* menjadi lebih rendah dan efisiensi volumetrik mesin menjadi lebih baik (Yuksel dan Yuksel, 2004).

Selain keuntungan di atas, penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar memiliki beberapa kekurangan diantaranya nilai kalor etanol yang lebih rendah, sifat etanol yang dapat menyebabkan korosi pada sistem bahan bakar, etanol memiliki massa jenis yang berbeda dengan bahan bakar fosil dan mesin yang menggunakan campuran etanol akan sulit dinyalakan pada saat awal pengoperasian (Setiawan, 2012).

Pada proses kerja mesin pembakaran dalam, sudut pengapian yang tepat merupakan faktor yang penting dalam upaya mengoptimalkan kinerja mesin. Sudut pengapian bertugas sebagai pengatur saat pembakaran yang terjadi pada mesin. Setiap bahan bakar memiliki karakteristik yang berbeda sehingga proses pembakaran pada ruang bakar juga akan berbeda untuk menghasilkan unjuk kerja

secara optimal. Pada penelitian ini, mesin yang digunakan merupakan mesin yang didesain menggunakan bahan bakar premium. Untuk itu perlu dilakukan penyetelan ulang pada sudut pengapian yang digunakan.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik mesin serta mencari waktu pengapian yang tepat pada mesin sepeda motor Honda Astrea Prima tahun 1998 menggunakan bahan bakar E25. CDI yang digunakan merupakan *programmable CDI* buatan PT. Rektor *Technology* Indonesia dengan tipe "*Limited Edition*". Data yang didapat dari penelitian ini berupa data beban generator, putaran poros generator dan laju aliran bahan bakar. Dari data ini dianalisis untuk menentukan waktu pengapian yang ideal digunakan pada mesin dengan menggunakan bahan bakar E25.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan bahan bakar campuran premium-etanol 25% (E25) terhadap unjuk kerja mesin otto 4 langkah 1 silinder?
2. Berapa sudut pengapian yang tepat untuk memaksimalkan unjuk kerja mesin pada mesin 4 langkah 1 silinder berbahan bakar E25?

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan mesin 4 langkah 1 silinder dengan kapasitas 100 cc.
2. Menggunakan mesin dengan rasio kompresi 9.
3. Pengujian performa motor menggunakan *engine test bed on chassis*.
4. Bahan bakar yang digunakan adalah premium 88 dan campuran etanol-premium 25% (E25) yang homogen.
5. Pengujian pada suhu kamar.
6. CDI yang digunakan adalah *CDI Rextor type Limited Edition*.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian studi eksperimental pengaturan waktu pengapian pada mesin 4 langkah 1 silinder berbahan bakar E25 adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar E25 terhadap unjuk kerja mesin 4 langkah 1