

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS EFISIENSI MEKANIS DAN EFISIENSI  
THERMAL PADA MESIN OTTO TOYOTA TIPE 4S-FE**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum  
Sarjana Strata I (S-I) Teknik Mesin

OLEH:

Nama : Rudi Faisal Siregar

NIM : 2008250905



**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**JAKARTA**

**2011**

## LEMBAR PENGESAHAN

Telah diperiksa dan diterima dengan baik oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir, untuk melengkapi dan memenuhi sebagian dari syarat-syarat guna mengikuti ujian tugas akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.

Nama : Rudi Faisal Siregar  
NIM : 2008250905  
Jurusan : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisis efisiensi mekanis dan efisiensi thermal pada mesin otto toyota tipe 4S-FE

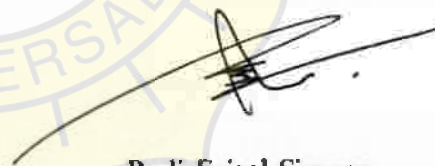
Jakarta, 29 Maret 2011

Pembimbing

Penulis



Yefri Chan, ST, MT



Rudi Faisal Siregar

Ketua Jurusan Teknik



Ir. Asyari Daryus, SE, MSc

## LEMBARAN PERNYATAAN

Nama : Rudi Faisal Siregar

Nim : 2008250905

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa tugas akhir atau skripsi ini saya susun sendiri berdasarkan hasil penelitian, bimbingan dan panduan dari buku-buku referensi lain yang terkait dan relevan dengan materi Tugas Akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Jakarta, 29 Maret 2011



Rudi Faisal Siregar

## LEMBARAN PERSETUJUAN

Nama : Rudi Faisal Siregar

Nim : 2008250905

Jurusan : Teknik Mesin

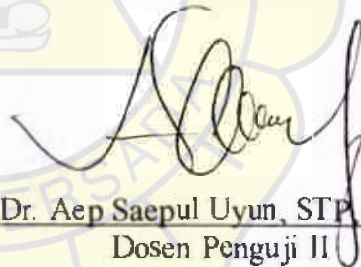
Fakultas : Teknik

Telah disidangkan pada tanggal 09 Februari 2011 dihadapan panitia sidang serta para dosen penguji dan dinyatakan lulus sebagai Sarjana Teknik Mesin program strata I (SI)

Menyetujui :



Ir. Asyari Daryus, SE, MSc  
Dosen Penguji I



Dr. Aep Saepul Uyun, STP, M.Eng  
Dosen Penguji II



Dhimas Satria, ST, M. Eng  
Dosen Penguji III

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat, rahmat, anugrah dan bimbingan-Nyalah sehingga yang berjudul "ANALISIS EFISIENSI MEKANIS DAN EFESIENSI THERMAL MEKANIS PADA MESIN TOYOTA TIPE 4S-FE" skripsi ini dapat diselesaikan penulisan dengan baik. Tak lupa penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak, antara lain :

1. Ayahanda dan Ibunda saya tercinta yang tidak pernah lelah memberikan doa, kasih sayang, dorongan dan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis.
2. Bapak. Yefri Chan, ST, MT, selaku pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga dalam bimbingannya serta menjadi referensi utama dalam penelitian dan penulisan.
3. Bapak. Ir. Asyari Daryus, SE, MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.
4. Bapak Ir. Herman Noer Rahman, ME, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas DarmaPersada.
5. Dosen-dosen Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan masukan dan dukungan kepada penulis.
6. Seluruh karyawan dan staff Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.

7. Saudara-saudara saya yang selalu memberikan dorongan, doa dan kasih sayangnya kepada penulis.
8. Teman satu tim Prastomo Sumandito, Wahyu Adipura dan Putra Aditia serta teman lainnya yang tiada habisnya meluangkan waktu dan pikiran dalam penelitian ini.
9. Nuric selaku Pembina teknis dan pengurus bengkel Techno Motor
10. Kawan-kawan TEKNIK yang telah banyak membantu, Thank's For All

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam cara penulisan maupun pengumpulan informasi dan pengolahan data. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca agar menjadi masukan dalam penulisan-penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi pembaca.

Jakarta, 29 Maret 2011

Rudi Faisal Siregar

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTARSIMBOL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	2
1.3.1 Tujuan .....	2
1.3.2 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengertian Motor Bakar .....	6
2.1.1 Motor Bakar Bensin .....	6

2.1.2	Prinsip Kerja Motor Mesin .....	7
2.1.3	Sistem <i>Elektronik Fuel Injection</i> (EFI) .....	7
2.1.4	Jenis Sistem Injeksi Bahan Bahan Bakar .....	10
2.1.5	Sistem Pengapian .....	12
2.2	Data Mesin Toyota 4S-FE dan Teori Analisis.....	16
2.2.1	Data Mesin Toyota4S-FE .....	16
2.2.2	Teori Analisis .....	16
2.2.2.1	Tenaga Efektif ( <i>Brake Horse Power</i> ), $N_b$ .....	16
2.2.2.2	Tekanan pada <i>Mechanical losses</i> , $N_m$ .....	17
2.2.2.3	Tenaga Indikasi ( <i>Indicated Horse Power</i> ).....	17
2.2.3	Efisiensi Mekanik, $\eta_m$ .....	18
2.2.4	Menghitung Pemakaian Bahan Bakar Spesifik, $S_{fc}$ .....	18
2.2.5	Menghitung Efisiensi Thermal, $\eta_{th}$ .....	19

### **BAB III PENGOLAHAN DATA**

3.1	Perhitungan Efisiensi Mekanik .....	21
3.1.1	Percobaan Pertama pada Putaran Poros 1400 (rpm) .....	22
3.1.1.1	Tenaga Efektif ( <i>Brake Horse Power</i> ), $N_b$ .....	22
3.1.1.2	Tenaga pada <i>Mechanical losses</i> , $N_m$ .....	23
3.1.1.3	Tenaga Indikasi ( <i>Indicated Horse Power</i> ), $N_i$ .....	23
3.1.2	Percobaan Kedua pada Putaran Poros 1600 (rpm) .....	24
3.1.2.1	Tenaga Efektif ( <i>Brake Horse Power</i> ), $N_b$ .....	24



3.1.2.2	Tenaga pada <i>Mechanical losses</i> , Nm .....	25
3.1.2.3	Tenaga Indikasi ( <i>Indicated Horse Power</i> ), Ni .....	26
3.1.3	Percobaan Ketiga pada Putaran Poros 1800 (rpm) .....	27
3.1.3.1	Tenaga Efektif ( <i>Brake Horse Power</i> ), Nb .....	27
3.1.3.2	Tenaga pada <i>Mechanical losses</i> , Nm .....	28
3.1.3.3	Tenaga Indikasi ( <i>Indicated Horse Power</i> ), Ni.....	29
3.1.4	Percobaan Keempat pada Putaran Poros 2000 (rpm) .....	30
3.1.4.1	Tenaga Efektif ( <i>Brake Horse Power</i> ), Nb.....	30
3.1.4.2	Tenaga pada <i>Mechanical losses</i> , Nm .....	31
3.1.4.3	Tenaga Indikasi ( <i>Indicated Horse Power</i> ), Ni .....	31
3.2	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik, (Bsfc) .....	32
3.2.1	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik pada Rpm 1400 .....	32
3.2.2	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik pada Rpm 1600 .....	34
3.2.3	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik pada Rpm 1800 .....	35
3.2.4	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik pada Rpm 2000 .....	36
3.3	Efisiensi Thermal, $\eta_{th}$ .....	38
3.3.1	Efisiensi Thermal pada Rpm 1400.....	38
3.3.2	Efisiensi Thermal pada Rpm 1600.....	38
3.3.3	Efisiensi Thermal pada Rpm 1800.....	39
3.3.4	Efisiensi Thermal pada Rpm 2000.....	40

## **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

4.1 Hasil Perhitungan .....	41
4.1.1 Efisiensi Mekanik, $\eta_m$ .....	41
4.1.2 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik, B <sub>sf</sub> c .....	41
4.1.3 Efisiensi Thermal, $\eta_{th}$ .....	42
4.2 Grafik Nilai Analisa .....	42
4.2.1 Grafik Putaran Poros (Rpm) Terhadap Tenaga Efektif, (N <sub>b</sub> ) .....	42
4.2.2 Grafik Efisiensi Mekanik ( $\eta_m$ ) Terhadap Rpm .....	43
4.2.3 Grafik Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (B <sub>sf</sub> c) .....	43
4.2.4 Grafik Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) Terhadap Rpm .....	44
4.3 Analisa .....	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR SIMBOL

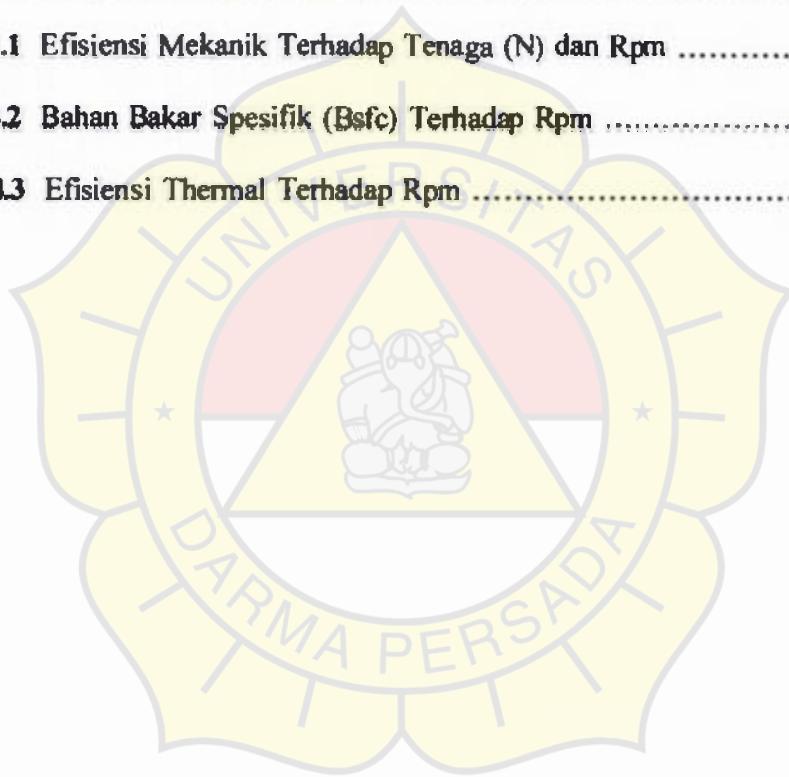
Bsfc	Bahan Bakar Spesifik (Kg/HP jam)
D	Diameter (m)
Is	Jumlah silinder
LHV	Low Heating Value(Kg/J)
M	Massa (kg)
n	Putara Poros (Rpm)
Nb	Tenaga Efektif(HP)
Nb	Tenaga <i>Mechanical Losses</i> (HP)
Ni	Tenaga Indikasi (HP)
$\eta_{th}$	Efisiensi Thermal (%)
$\eta_m$	Efisiensi Mekanik (%)
$\rho$	Massa Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )
Pb	Takanan Efektif (Kg/cm <sup>3</sup> )
Pm	Tekanan <i>Mechanical Losses</i>
Pi	Tekanan Indikasi (Kg/cm <sup>3</sup> )
t	Waktu (Detik)
T	Torsi (Nm)
Vd	Volume Langkah (m <sup>3</sup> )
V	Volume Bahan Bakar Terpakai (ml)
Z	Faktor Mesin 2 Langkah dan 4 Langkah

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram aliran bahan bakar pada sistem EFI.....	9
Gambar 2.2 Diagram aliran udara pada sistem EFI.....	10
Gambar 2.3 Sistem pengapian .....	13
Gambar 2.4 Diagram Sistem injeksi untuk mesin 4s-fe 1838cc .....	14
Gambar 2.5 Diagram Sistem kerja ECU.....	15
Gambar 2.2 Grafik Putaran Poros (Rpm) Terhadap Tenaga Efektif (Nb).42	
Gambar 2.2 Grafik Putaran Poros (Rpm) Terhadap Efisiensi Mekanik $\eta_m$ .43	
Gambar 2.2 Grafik Putaran Poros (Rpm) Terhadap Efisiensi Thermal .....	43
Gambar 2.2 Grafik Putaran Poros (Rpm) Terhadap Efisiensi Thermal .....	44

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Sensor di Intake Manifold .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Komponen Saluran Bahan Bakar .....	10
<b>Table 3.1</b> Data Input Tekanan (P) .....	21
<b>Table 3.2</b> Data Konsumsi Bahan Bakar .....	21
<b>Tabel 4.1</b> Efisiensi Mekanik Terhadap Tenaga (N) dan Rpm .....	41
<b>Tabel 4.2</b> Bahan Bakar Spesifik (Bsfc) Terhadap Rpm .....	41
<b>Tabel 4.3</b> Efisiensi Thermal Terhadap Rpm .....	42



## ABSTRAK

Motor bakar adalah mesin yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik, yaitu dengan cara merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, dan menggunakan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanik. Adapun dipilihnya judul ini, adalah untuk membuat alat praktikum motor bakar bensin. Dan juga untuk melengkapi alat praktikum pada Universitas Darma Persada.

Dalam menganalisis efisiensi mekanik dan efisiensi thermal pada mesin motor bakar bensin. Kita dapat menganalisa hasil efisiensi thermal yang dapat di ubah menjadi efisiensi mekanik.

Dari analisa data yang diperoleh didapat efisiensi thermal pada setiap rpm mesin Toyota 4s-fe 72 % (1400); 70.8 % (1600); 70.8 % (1800); 70.7 % (2000). Efisiensi thermal 78.8 % (1400); 83.5 % (1600); 84.4 (1800) dan 88 (2000). Dari hasil ini maka disimpulkan pemakaian panas yang didapat dari hasil pembakaran dimanfaatkan dengan cukup baik menjadi energi mekanik.

## ABSTRACT

Otto engine is an engine that use thermal energy to do a mechanical work. First it will convert chemical energy from air and fuel mixture to thermal energy, then convert it to mechanical energy.

This thesis will analyze theoreticly the mechanical energy efficiency and the thermal energy efficiency of the engine. So we can analyze the percentage value of how much thermal energy that can be covered to mechanical energy

From data analyzed the value of mechanical efficiency for the Toyota engine 4S-FE is In 1400 Rpm the value is 72%, In 1600 Rpm the value is 70.8%, In 1800 Rpm the value is 70.8%, and In 2000 Rpm the value is 70.7 %. For the thermal energy it has a different value for a specific Rpm. In 1400 Rpm the value is 55.8%, for 1600 Rpm is 59.6%, for 1800 Rpm is 59.9% and for 2000 Rpm is 88.6%. From this result we can make a conclusion that the thermal energy that came from combustion is converted well to mechanical energy.

# BABI

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin otto merupakan salah satu mesin motor bakar yang mempunyai siklus 4 langkah. Dimana untuk menghasilkan tenaga, terjadi 4 langkah yang berkesinambungan. Yaitu langkah hisap, kompresi, tenaga dan buang. <sup>[4]</sup>

Mesin motor bakar 4 tak saat ini banyak digunakan untuk kendaraan bermotor. Untuk menghasilkan tenaga mesin ini membakar campuran udara dan bahan bakar, dengan nyala api dari busi. Dan mesin siklus 4 tak lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan mesin siklus 2 tak. Mesin motor bakar biasanya terdiri dari 4, 6, atau 8 silinder. Dan terdiri dari berbagai bentuk blok mesin yaitu *inline*, *V line*, dan *Rotary*. Dimana masing – masing memiliki keunggulan dan kelemahan sendiri. <sup>[4]</sup>

Mesin empat tak, pertama kali dipatenkan oleh *Eugenio Barsanti* dan *Felice Matteucci* pada tahun 1854, diikuti dengan prototip pertama pada tahun 1860. Mesin tersebut juga dikonsepsikan oleh teknisi Perancis, *Alphonse Beau de Rochas* pada tahun 1862. Namun teknisi Jerman, *Nicolaus Otto* yang pertama mengembangkan penggunaan mesin empat tak, oleh sebab itu prinsip empat langkah pada mesin dikenal dengan siklus Otto dan mesin empat tak dengan busi disebut juga dengan mesin Otto. Siklus Otto terdiri dari kompresi menghasilkan panas, penambahan panas pada volume tetap, ekspansi volume akibat panas dan pembuangan panas pada volume tetap <sup>[5]</sup>



Adapun dipilihnya judul ini, adalah untuk membuat alat praktikum motor bakar bensin. Dan juga untuk melengkapi alat praktikum pada Laboratorium Prestasi mesin Fakultas Teknik jurusan Mesin Universitas Darma Persada.

Juga sebagai alat bagi para mahasiswa teknik mesin Universitas Darma Persada untuk menambah pengetahuan tentang perkembangan dimasyarakat khususnya mesin motor bakar bensin dan motor bakar pada umumnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam karya tulis ini perumusan masalah yang akan dibahas adalah:

- 1 Perhitungan efisiensi mekanik dan efisiensi thermal mesin Toyota *4s-fe* dan system EFI
- 2 Analisa perhitungan efisiensi mekanik dan efisiensi thermal.

## **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan.**

Adapun dalam pembuatan analisis alat praktikum mesin motor bakar bensin ini. Mempunyai beberapa tujuan diantaranya :

Tujuan umum :

1. Menyelesaikan tugas akhir/skripsi, sebagai salah satu syarat kelulusan Strata Satu (S1) Fakultas teknik Jurusan Mesin Universitas Darma Persada.

Tujuan khusus :

1. Untuk memenuhi kebutuhan alat praktikum pada Laboratorium Prestasi Mesin Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Darma Persada.

2. Agar dapat menganalisa perbandingan kompresi, perbandingan campuran bahan bakar, efisiensi bahan bakar dan keseimbangan energi.

### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

1. Agar dapat membedakan antara mesin bensin dengan sistem EFI dan *carburetor* yang berkaitan tentang efisiensi bahan bakar.
2. Mendapatkan nilai-nilai dari parameter mesin yang dibutuhkan.
3. Alat dapat dijadikan sebagai alat praktikum pada Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Darma Persada

### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk mencapai tujuan penulisan, maka pembahasan masalah dalam skripsi ini dibatasi pada :

1. Proses kerja mesin bensin dengan sistem EFI.
2. Mendapatkan nilai daya dan torsi pada RPM tertentu.
3. Perhitungan efisiensi mekanis
4. Perhitungan efisiensi thermal

### **1.5 Metodologi Penelitian.**

Penulisan skripsi ini dilakukan berdasarkan fakta –fakta yang objektif agar kebenarannya dapat dipertanggung jawabkan baik secara teoritis maupun pengujiannya.

Dalam penelitian yang mencakup masalah alat praktikum Mesin motor bakar bensin dilihat dari desain dan proses perancangan alat praktikum berdasarkan data yang kongkrit dengan cara:

1. Penelitian kepustakaan (*Libary research*) yaitu dengan cara menghimpun bahan – bahan pengetahuan ilmiah yang bersumber dari buku – buku, dan tulisan – tulisan ilmiah yang erat kaitannya dengan materi penulisan.
2. Studi lapangan (*Filed reseach*) yaitu dengan cara mengadakan pengujian dan pengetesan melalui perangkat lunak yang digunakan dalam prses pembuatan alat.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Skripsi ini terdiri dari lima bagian, yaitu agar alur penyusunan laporan.skripsi ini dapat disusun dengan baik dan dapat dipahami dengan mudah, adapun sistematika penulisannya sebagai berikut :

#### **BABI PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, pembatasan masalah, metedologi penelitian, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan teori serta metode dari berbagai buku yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan model pemecahan masalah yang penulis butuhkan dalam langkah pengerjaan.