



**PENGARUH VARIASI TEBAL SHIM PEGAS  
KATUP TERHADAP TORSI DAN DAYA MOTOR  
PADA MOTOR 4 LANGKAH 4 SILINDER 1500 CC**

**SKRIPSI**

Disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1  
Untuk mencapai gelar Sarjana Teknik

**Disusun oleh :**

**Nama : Taufiqurrachman**

**NIM : 5250401027**

**Prodi : Teknik Mesin S1**

**Jurusan : Teknik Mesin**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2006**

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi, tahun 2006. “**Pengaruh Variasi Tebal Shim Pegas Katup Terhadap Torsi Dan Daya Motor Pada Motor 4 Langkah 4 Silinder 1500 cc**”

Telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal :

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Sekretaris

Drs. Pramono  
NIP. 131474226

Drs. Suprpto, M.Pd  
NIP. 131125645

Tim Penguji

Ketua Penguji

Dr. Ing. Ir. Harwin Saptodi, MSE  
NIP. 131628011

Pembimbing I

Anggota Penguji I

Dr. Ing. Ir. Harwin Saptodi, MSE.  
NIP. 131628011

Dwi Widjanarko, S.pd, ST, MT.  
NIP. 132093247

Pembimbing II

Anggota Penguji II

Dwi Widjanarko, S.Pd, ST, MT.  
NIP. 132093247

Drs. Ramelan, MT.  
NIP. 130529948

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Soesanto  
NIP. 130875753

## ABSTRAK

Taufiqurrachman. 2006, **Pengaruh Variasi Tebal Shim Pegas Katup Terhadap Torsi Dan Daya Motor pada Motor 4 Langkah 4 Silinder 1500 cc**, Skripsi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Pada motor bakar terdapat mekanisme katup yang berfungsi mengatur masuk dan keluarnya gas untuk proses pembakaran didalam silinder. Salah satu komponen katup adalah pegas katup. Pegas katup digunakan untuk menggerakkan kepala katup agar dapat menutup kembali setelah kepala katup membuka akibat gerakan nok yang diteruskan oleh batang katup dan juga untuk mengencangkan serta merapatkan penutupan katup terhadap dudukannya. Gaya menutup pegas harus dapat menutup kepala katup dengan rapat terhadap dudukannya pada silinder agar tidak terjadi kebocoran kompresi selain itu juga dapat mengatasi kelembaman mekanis katup. Seiring lama waktu dipakainya motor maka pegas katup akan mengalami penurunan gaya pegasnya. Bila pegas terlalu lemah atau gaya pegas katup kecil dapat menyebabkan terjadinya kelembaman pada pegas katup yang berakibat penutupan katup kurang maksimal. Masalah kelembaman pegas katup ini akan menyebabkan daya dan torsi motor akan turun. Untuk mengatasi masalah pegas katup yang lemah ini bisa dilakukan dengan cara mengganti pegas katup itu dengan pegas katup yang baru. Pada motor dengan jumlah silinder yang lebih dari satu tentu akan membutuhkan biaya yang banyak untuk mengganti semua pegas katupnya. Selain mengganti pegas katup yang baru ada cara lain yang lebih hemat untuk mengatasi pegas katup yang sudah lemah yaitu dengan cara mengganjal pegas katup. Untuk mengganjal pegas katup digunakan shim pegas katup. Dengan penambahan shim pegas katup diharapkan dapat mengurangi kelembaman pegas katup pada saat penutupan katup dan kebocoran kompresi tanpa harus mengeluarkan banyak biaya. Alasan inilah yang mendasari peneliti untuk mengambil judul “Pengaruh Variasi Shim Pegas Katup Terhadap Torsi dan Daya Motor Pada Motor 4 Langkah 4 Silinder 1500 cc”

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap daya dan torsi motor karena pemakaian shim pegas katup yang divariasikan tebalnya pada katup masuk dan buang. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor bensin Toyota Kijang 5K 1500 cc, *Hydraulic Engine Test Bed*, shim pegas katup standar(0,5 mm), shim pegas katup dengan tebal 1 mm, shim pegas katup dengan tebal 2 mm dan shim pegas katup dengan tebal 3 mm. Variabel terikatnya adalah Daya motor dan torsi motor. Sedangkan variabel kontrolnya adalah tekanan kompresi, waktu pengapian, celah busi, sudut dwell dan temperatur kerja mesin yang dikondisikan sama pada setiap perlakuan.

Pengujian yang pertama dilakukan yaitu menggunakan pegas katup standar(0,5 mm), kemudian pengujian berikutnya adalah menggunakan shim pegas katup dengan tebal 1 mm, shim pegas katup dengan tebal 2 mm dan shim pegas katup dengan tebal 3 mm. Data hasil penelitian kemudian dianalisis untuk

mengetahui ada atau tidaknya pengaruh yang signifikan dari perubahan atau variasi tebal shim pegas katup terhadap daya dan torsi motor pada motor 4 langkah 4 silinder 1500 cc. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada analisis dan grafik hasil penelitian, hal ini karena datanya berwujud angka-angka sehingga dapat memberikan hasil yang objektif. Kemudian dari data tersebut dapat diambil kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya, karena berdasarkan perhitungan yang teratur, teliti, dan tepat.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa penggunaan shim pegas katup yang divariasikan tebalnya akan berpengaruh secara nyata terhadap daya dan torsi motor, hal ini ditunjukkan pada grafik hubungan daya dan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim. Hasil analisis menunjukkan kenaikan daya tertinggi jika dirata-rata terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm sebesar 1,08 kW. Dan pada grafik hubungan torsi motor dengan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim dapat dilihat kenaikan torsi motor tertinggi terjadi pada penggunaan shim pegas katup 2 mm sebesar 3,48 Nm. Daya motor tertinggi pada setiap pengujian variasi tebal shim terjadi pada putaran motor 2600 rpm karena pengujian ini menggunakan  $\frac{3}{4}$  bukaan throttle. Torsi motor tertinggi pada setiap pengujian variasi tebal shim terjadi pada putaran motor 1800 rpm.

Simpulan dari penelitian ini yaitu ada perbedaan Daya dan torsi motor akibat pengaruh variasi tebal shim pegas katup. Semakin tebal shim pegas katupnya maka semakin cepat dan rapat katup itu menutup terhadap dudukannya, kelembaman pegas katup bisa dikurangi sehingga daya dan torsi motor yang dihasilkan lebih maksimal. Tetapi jika pengganjalan shim pegas katup terlalu tebal maka dayanya akan turun karena peningkatan daya akibat pengganjalan pegas katup tidak mampu mengatasi beban kerja motor dan gaya gesek pada mekanisme katup bertumbuh besar.

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

Motto :

- Bersama kesabaran ada kemenangan, bersama kesusahan ada jalan keluar, bersama kesulitan ada kemudahan. (HR. At-Tirmidzi)
- Menjadilah bijaksana, rendah hati, adil dan jujur.
- Hidup adalah perjuangan.

Persembahan :

- Bapak dan ibu, kakak dan adiku serta seluruh keluarga besarku.
- Anak-anak TM 01 dan semua teman-teman Teknik Mesin
- Semua teman-teman kost plat K

## **KATA PENGANTAR**

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Pengaruh variasi tebal shim pegas katup terhadap daya dan torsi mesin pada mesin 4 tak – 4 silinder 1500 cc ”.

Penulis merasakan dorongan yang luar biasa dalam menyusun skripsi ini sehingga penulis perlu menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Soesanto, Dekan Fakultas Teknik UNNES.
2. Bapak Drs. Pramono, Ketua Jurusan Teknik Mesin UNNES.
3. Bapak Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, MSE., atas bimbingan dan arahnya.
4. Bapak Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T, M.T., atas bimbingan dan arahnya.
5. Bapak Hadromi, S.Pd., M.T., Kepala Laboratorium Teknik Mesin UNNES.
6. Semua teknisi laboratorium Teknik Mesin UNNES
7. Rekan-rekan yang telah membantu dalam pengambilan data dan dalam penulisan yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Semoga bantuan yang diberikan ikhlas dan mendapatkan pahala dari Allah SWT.

Akhirnya semoga skripsi ini membawa barokah kepada penulis dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya. Amin.

Semarang, Januari 2006

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
ABSTRAK .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Pembatasan Dan Perumusan Masalah .....	4
C. Penegasan Istilah .....	5
D. Tujuan Dan Manfaat .....	6
<b>BAB II. LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS</b>	
A. Landasan Teori .....	7
1. Prinsip Kerja Motor Pembakaran Dalam .....	7
2. Prinsip Kerja Motor Empat Langkah .....	8
3. Mekanisme Katup Pada Motor 4 langkah .....	12
4. Kemampuan Motor .....	20

5. Daya Motor .....	23
6. Torsi Motor .....	25
7. Pengaruh shim pegas katup terhadap daya dan torsi motor.....	26
8. Kerangka Berpikir .....	27
B. Hipotesis .....	28
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Desain Penelitian .....	29
B. Variabel Penelitian .....	29
C. Pengumpulan Data .....	30
a. Peralatan .....	31
b. Bahan Penelitian .....	32
c. Waktu Dan Tempat Penelitian .....	32
d. Tahap Eksperimen .....	33
D. Analisa Data.....	38
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	40
B. Pembahasan .....	47
<b>BAB V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Simpulan .....	55
B. Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Grafik P vs V.....	8
2. Langkah Hisap Motor 4 Langkah .....	9
3. Langkah Kompresi Pada Motor 4 Langkah .....	10
4. Langkah Kerja Pada Motor 4 Langkah .....	11
5. Langkah Buang Pada Motor 4 Langkah .....	11
6. Motor 4 langkah 4 silinder .....	12
7. Mekanisme katup <i>OHV</i> .....	13
8. Katup dan komponen penggerak katup tipe <i>OHV</i> .....	14
9. Diagram Pembukaan dan Penutupan katup .....	15
10. Katup ( <i>valve</i> ) .....	16
11. Poros nok... ..	17
12. Pengangkat katup hidrolis (hydraulic lash adjuster) .....	18
13. Pegas katup.....	19
14. Diameter silinder dan langkah torak .....	20
15. Shim pegas katup yang terpasang pada katup .....	26
16. Kerangka Berpikir .....	27
17. Bagan Aliran Proses Eksperimen .....	33
18. Skema <i>Hydraulic engine test bed</i> .....	34
19. Grafik hubungan daya motor dengan putaran motor pada beberapa	

variasi tebal shim. ....	42
20. Grafik hubungan daya motor dengan tebal shim pegas katup pada beberapa putaran motor .....	43
21. Grafik hubungan torsi motor dengan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim.....	45
22. Grafik hubungan torsi motor dengan tebal shim pegas katup pada beberapa putaran motor.....	46
23. Motor 4 langkah 4 silinder 1500 cc yang terpasang pada <i>Hydraulic Engine Test Bed</i> .....	63
24. <i>Hydraulic Engine Test Bed</i> yang dilengkapi panel-panel pengukur.....	64
25. Bahan penelitian.....	65
26. Peralatan penelitian.....	65
27. Shim pegas katup.....	66
28. shim pegas katup standar(0,5 mm), 1 mm, 2 mm, 3 mm.....	66
29. <i>Spring tester</i> .....	67
30. <i>Timing lights, compression tester, tachometer, thermometer, stop watch</i> ....	67
31. Motor Toyota 4 langkah 4 silinder 1500 cc.....	68
32. Membuka kepala silinder.....	68
33. Membuka <i>Rocker arm</i> .....	69
34. Membuka katup dari kepala silinder.....	69
35. Pegas katup dan dudukan shim pegas katup pada kepala silinder.....	70
36. Memasang kembali kepala silinder.....	70

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil pengukuran pada <i>Hydraulic Engine Test Bed</i> .....	37
2. Faktor konversi satuan .....	40
3. Hasil perhitungan daya pada motor yang menggunakan shim pegas katup yang divariasi tebalnya .....	41
4. Hasil perhitungan torsi pada motor yang menggunakan shim pegas katup yang divariasi tebalnya .....	44
5. Pengukuran pegas katup yang divariasi shim pegas katupnya .....	48
6. Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup standar .....	58
7. Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup 1 mm .....	58
8. Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup 2 mm.....	59
9. Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup 3 mm .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Tabel data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup standar ( 0,5 mm).....	58
2. Tabel data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup 1 mm .....	58
8. Tabel data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaian shim pegas katup 2 mm.....	59
4. Tabel data hasil observasi pengujian prestasi motor pada <i>hydraulic engine test bed</i> dengan pemakaianshim pegas katup 3 mm .....	59
5. Contoh perhitungan daya dan torsi motor dengan data yang diambil dari <i>Hydraulic engine test bed</i> .....	60
6. Daftar simbol.....	61
59. Foto-foto penelitian.....	62

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Pada masa sekarang ini manusia membutuhkan sarana transportasi dalam berbagai bidang. Sarana transportasi itu digunakan untuk memperlancar segala kebutuhan manusia seperti mengantar barang, untuk bepergian ke suatu tempat dan lain sebagainya. Salah satu alat transportasi yang digunakan adalah kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang sekarang ini banyak dipakai adalah kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Motor pembakaran dalam yang dipakai pada kendaraan bermotor mempunyai volume silinder dan jumlah silinder yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaan kendaraan itu.

Agar kebutuhan konsumen terpenuhi akan kendaraan bermotor yang berbeda-beda kegunaannya produsen kendaraan mengeluarkan berbagai macam kendaraan dengan berbagai macam tipe dan spesifikasi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan konsumen. Merancang suatu kendaraan bermotor khususnya mobil para produsen mengharapkan produknya ekonomis, performa motor bagus dan efisien sehingga dapat bersaing di pasaran dan diminati masyarakat, apalagi persaingan pasar kendaraan bermotor di Indonesia semakin kompetitif. Khusus pada sektor roda empat persaingan ini sangat terasa karena banyaknya produsen kendaraan yang memproduksi kendaraan di kelas ini. Sebuah kendaraan

bermotor dikatakan mempunyai performa motor bagus jika kendaraan tersebut hemat bahan bakar dan menghasilkan daya dan torsi yang optimal sesuai dengan volume dan jumlah silindernya.

Pengguna kendaraan bermotor kadang merasa kurang dengan performa kendaraanya sehingga melakukan usaha-usaha agar performa kendaraanya meningkat. Salah satu usaha itu adalah dengan memodifikasi bagian mesin kendaraan itu. Kendaraan bermotor akan menurun performa mesinya jika sudah dipakai dalam waktu yang lama. Salah satu penyebab turunnya performa kendaraan bermotor adalah karena ada komponen-komponen motor yang sudah aus, sehingga kerja komponen itu kurang maksimal.

Mekanisme katup adalah salah satu bagian terpenting dari motor 4 langkah. Jika salah satu komponen mekanisme katup ada yang aus maka bisa dipastikan performa motor itu akan turun. Salah satu komponen dari mekanisme katup adalah pegas katup, dimana pada kendaraan itu jika sudah dipakai lama pegas katupnya akan melemah. Melemahnya pegas katup berakibat pada penutupan katup yang kurang cepat atau terjadi kelembaman pada pegas katup yang menyebabkan kerja katup kurang maksimal.

Untuk memaksimalkan kembali kerja mekanisme katup yang turun karena pegas katup yang lemah bisa diatasi dengan cara mengganti pegas katup itu dengan pegas katup yang baru yang direkomendasikan oleh produsen pembuat kendaraan itu. Pada motor 4 langkah yang mempunyai jumlah silinder lebih dari satu akan membutuhkan biaya yang lebih banyak

untuk mengganti pegas katup itu. Ada suatu cara yang bisa dilakukan untuk mengembalikan kembali gaya pegas katup yang melemah yaitu dengan cara mengganjal pegas katup pada dudukannya. Pengganjal pegas katup yang digunakan disebut shim. Shim pegas katup berbentuk seperti ring dengan ukuran sesuai pegas katup itu. Pegas katup dibuat dari bahan yang kuat agar pada saat terpasang tidak berubah bentuknya karena gaya dorong pegas katup.

Penambahan shim pada pegas katup berfungsi untuk mengembalikan gaya pegas katup yang melemah sehingga kelembaman pada pegas katup dapat dikurangi. Dengan berkurangnya kelembaman pegas katup maka katup akan menutup lebih cepat dan akurat sehingga efisiensi pemasukan dan pengeluaran fluida kerja pada silinder dapat meningkat. Meningkatnya efisiensi ini berakibat pada kenaikan daya dan torsi motor.

Shim pegas katup yang digunakan ketebalannya harus sesuai dengan kondisi pegas katup yang diganjal. Karena jika terlalu tebal kemungkinan bisa terjadi kerusakan pada mesin yang justru akan sangat merugikan. Berdasarkan uraian di atas maka perlu diadakan sebuah penelitian tentang penambahan shim pegas katup dengan tebal yang berbeda-beda. Hal ini bertujuan agar bisa dilihat dengan jelas kenaikan atau bahkan penurunan daya dan torsi motor karena pemakaian shim pegas katup dengan tebal yang berbeda. Penelitian dilakukan pada motor yang mempunyai jumlah silinder lebih dari satu hal ini dimaksudkan agar semakin banyak pegas katup yang diberi shim pada tiap silinder motor itu, sehingga perbedaan tenaga dan torsi

motor bisa terlihat jelas dari sebelum penambahan shim dengan sesudah penambahan shim yang berbeda ketebalannya. Oleh karena itu peneliti mengambil judul : “ **Pengaruh variasi tebal shim pegas katup terhadap daya dan torsi motor 4 langkah – 4 silinder 1500 cc** ”.

## **B. Pembatasan Dan Perumusan Masalah**

### 1. Pembatasan Masalah

Peneliti memfokuskan penelitian ini hanya pada pengaruh variasi tebal shim pegas katup terhadap daya dan torsi motor 4 langkah.

### 2. Rumusan masalah

Sesuai uraian yang telah dipaparkan diatas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diteliti yaitu:

- a. Apakah ada pengaruh terhadap peningkatan daya motor akibat pemvariasian tebal shim pegas katup yang berbeda ketebalannya pada motor empat langkah empat silinder 1500 cc.
- b. Apakah ada pengaruh terhadap peningkatan torsi motor akibat pemvariasian tebal shim pegas katup yang berbeda ketebalannya pada motor empat langkah empat silinder 1500 cc.

## **C. Penegasan istilah**

### 1. Shim pegas katup

Shim pegas katup adalah sejenis ring tipis berbentuk lingkaran yang berlubang di tengahnya dan terletak di bagian bawah pegas katup.

Shim pegas katup berfungsi untuk menaikkan tegangan pegas katup (Suyanto 1989:25).

## 2. Daya motor

Daya adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu (Arends&Berenschot 1980:18). Satuan yang biasa dipergunakan untuk menyatakan daya motor adalah *kilo Watt* (kW).

## 3. Torsi motor (momen putar motor)

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends&Berenschot 1980:21), pada motor bakar gaya adalah daya motor sedangkan panjang lengan adalah panjang langkah torak. Satuan untuk torsi adalah *Newton meter* (Nm).

### **C. Tujuan Dan Manfaat**

#### 1. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk:

Meneliti pengaruh variasi tebal shim pegas katup terhadap torsi dan daya motor pada motor empat langkah empat silinder 1500 cc.

#### 2. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

- a. Memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dan teknologi otomotif khususnya pengaruh variasi tebal shim pegas katup terhadap torsi dan daya motor.

- b. Memberikan informasi pada pemakai kendaraan bermotor mengenai peningkatan daya dan torsi motor karena variasi tebal shim pegas katup, terutama untuk pemilik kendaraan bermotor yang sudah lama menggunakan kendaraanya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Prinsip Kerja Motor Pembakaran Dalam**

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah motor bakar yang fluida kerjanya dihasilkan di dalam pesawat itu sendiri. Motor jenis ini banyak digunakan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan kendaraan darat, laut maupun udara. Motor pembakaran dalam jika dilihat dari siklus kerjanya dibagi menjadi 2 yaitu motor 2 langkah dan motor 4 langkah. Motor 4 langkah paling banyak digunakan karena lebih efisien jika dibandingkan dengan motor 2 langkah.

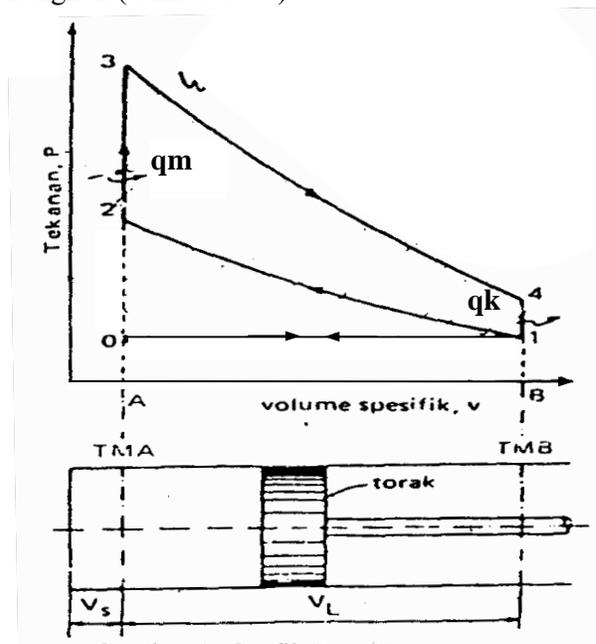
Prinsip kerja motor pembakaran dalam yaitu menghasilkan tenaga dari pembakaran bahan bakar di dalam silinder. Pada saat langkah kompresi campuran bahan bakar dan udara dibatasi oleh dinding silinder dan torak, sehingga walaupun gas itu ingin mengembang tetapi karena ruangnya dibatasi menyebabkan suhu dan tekanan di dalam silinder akan naik. Pada kondisi tersebut bunga api dipercikkan oleh busi sehingga terjadi proses pembakaran. Pembakaran bahan bakar dan udara didalam silinder akan menyebabkan panas yang akan mempengaruhi gas yang ada dalam silinder untuk mengembang. Dari pembakaran tersebut terjadi tekanan ke dinding silinder dan torak, karena dibuat tetap dan hanya torak yang bisa bergerak maka tekanan hasil pembakaran itu akan mendorong

torak dan menghasilkan tenaga gerak. Tenaga gerak inilah yang digunakan untuk menggerakkan motor. Gerakan pada piston berupa gerak translasi yang kemudian dirubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol (*crankshaft*).

## 2. Prinsip Kerja Motor Empat Langkah

Suatu motor bakar disebut motor empat langkah (*four-stroke engine*) karena dalam satu proses kerja atau menghasilkan tenaga memerlukan empat kali langkah torak dalam dua kali putaran poros engkol. Empat langkah torak yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang. Motor 4 langkah bekerja berdasarkan siklus Otto.

Siklus Mesin 4 Langkah ( Siklus Otto )



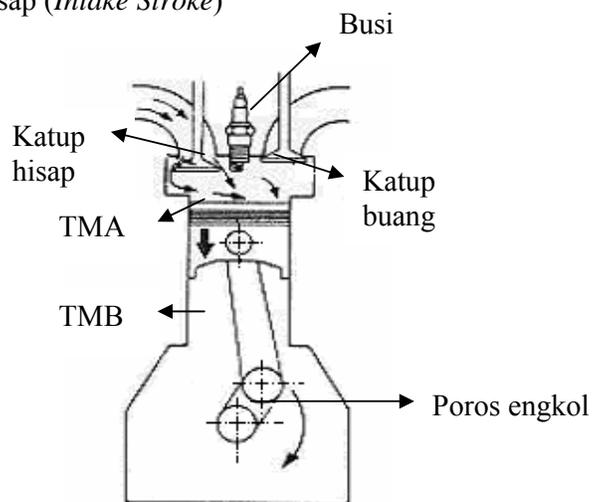
Gambar 1. Grafik P vs V

Keterangan:

- a. Langkah isap (0-1)
- b. Langkah kompresi (1-2)
- c. Proses pembakaran (2-3)
- d. Langkah kerja (3-4)
- e. Proses pembuangan (4-1)
- f. langkah buang (1-0)

Pada motor 4 langkah terdapat mekanisme katup yang berfungsi untuk mengatur keluar masuknya fluida pembakaran pada silinder. Siklus 4 langkah terdiri dari:

- a. Langkah Hisap (*Intake Stroke*)

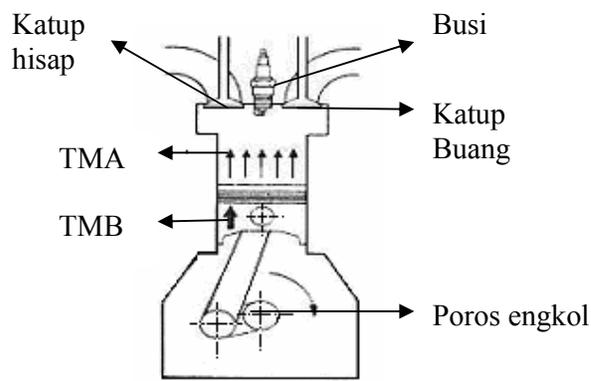


Gambar 2 . Langkah Hisap Motor 4 Langkah

Langkah hisap adalah langkah dimana campuran bahan bakar dan udara dihisap ke dalam silinder. Proses yang terjadi pada

langkah hisap adalah posisi katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup, torak bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB). Gerakan torak menyebabkan ruang didalam silinder menjadi vakum, sehingga campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder.

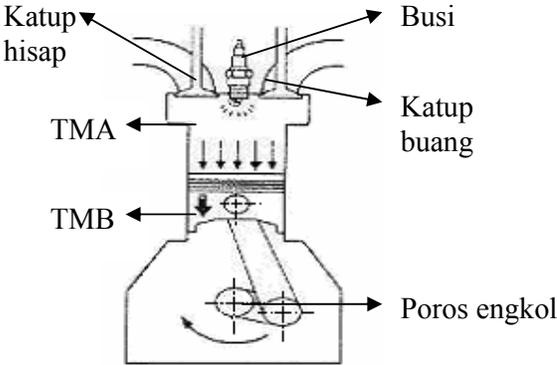
b. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)



Gambar 3. Langkah Kompresi Pada Motor 4 Langkah

Langkah kompresi adalah langkah dimana campuran bahan bakar dan udara dikompresikan atau ditekan di dalam silinder. Proses yang terjadi pada langkah hisap adalah posisi kedua katup yaitu katup hisap dan katup buang tertutup, torak bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju ke Titik Mati Atas (TMA). Karena gerakan torak volume ruang bakar mengecil sehingga membuat tekanan dan temperatur campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder naik. Poros engkol sudah berputar satu kali saat torak mencapai TMA.

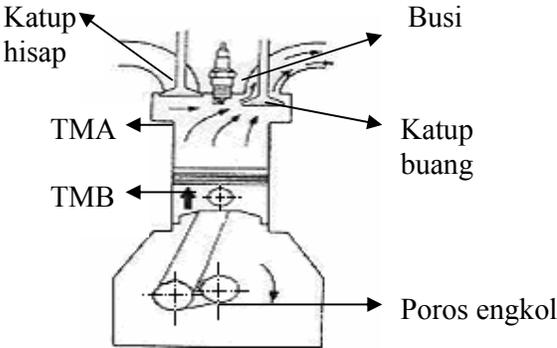
c. Langkah Kerja (*Power Stroke*)



Gambar 4. Langkah Kerja Pada Motor 4 Langkah

Langkah kerja adalah langkah dihasilkannya kerja dari energi pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Posisi kedua katup tertutup, beberapa saat sebelum torak mencapai TMA busi memercikan bunga api pada campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresi dan terjadi pembakaran. Terjadinya pembakaran menyebabkan gas didalam silinder mengembang, tekanan dan temperatur naik. Tekanan pembakaran mendorong torak bergerak ke TMB, gerakan inilah yang menjadi tenaga motor.

d. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

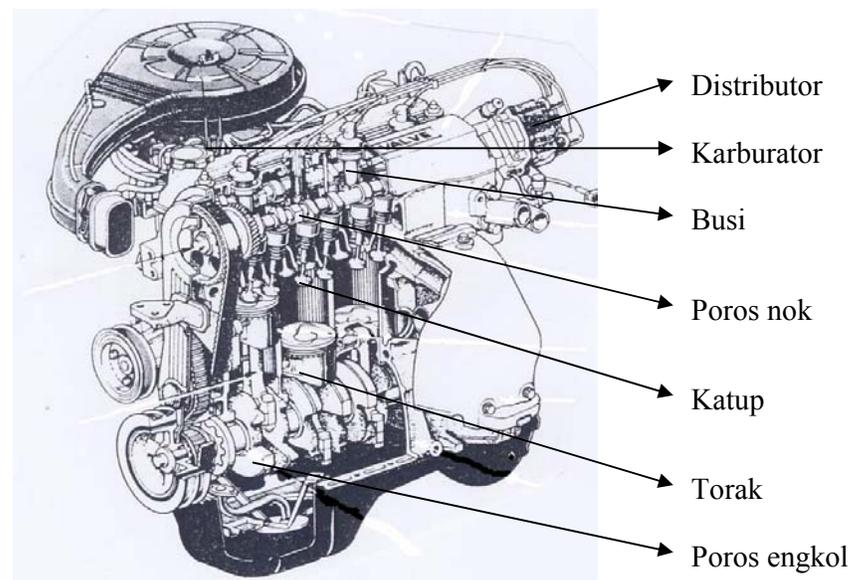


Gambar 5. Langkah Buang Pada Motor 4 Langkah

Langkah buang adalah langkah dimana gas sisa pembakaran dikeluarkan dari silinder. Katup hisap tertutup dan katup buang terbuka, torak bergerak dari TMB menuju ke TMA, gas sisa hasil pembakaran akan terdorong ke luar dari dalam silinder melalui katup buang. Saat torak sudah mencapai TMA poros engkol sudah berputar dua kali.

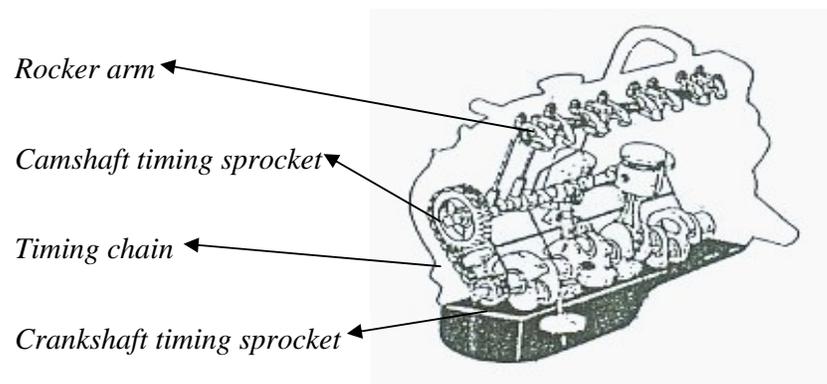
### 3. Mekanisme Katup Pada Motor 4 langkah

Mekanisme katup adalah sebuah sistem yang mengatur saat membukanya katup masuk dan menutupnya katup buang sesuai siklus 4 langkah. Mekanisme katup dibedakan menurut letak poros nok yaitu tipe OHV (*over head valve*) atau poros nok berada dekat poros engkol dan tipe OHC (*over head Camshaft*) atau poros nok berada pada kepala silinder.



Gambar 6. Motor 4 langkah 4 silinder

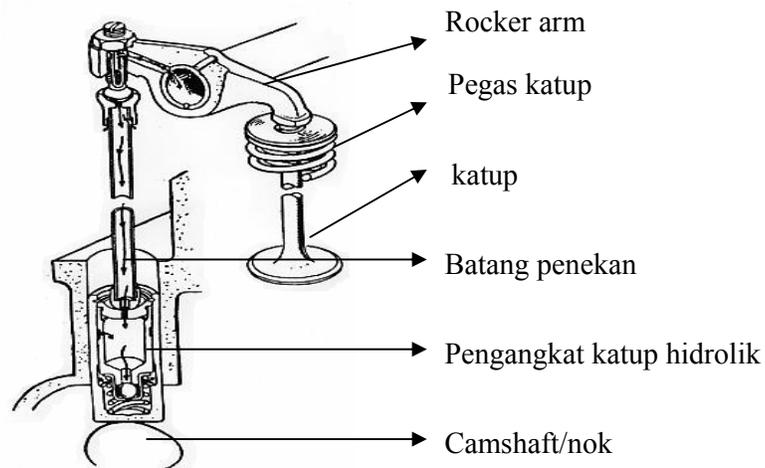
Motor yang digunakan dalam penelitian mekanisme katupnya termasuk dalam jenis *OHV* yaitu Toyota Kijang 5K poros noknya terletak di blok silinder. Pada tipe *OHV* putaran nok dan poros engkol dihubungkan oleh rantai (*timing chain*) yang memutar roda gigi pada poros nok dan poros engkol. Perbandingan perputarannya adalah 2 banding 1 yaitu setiap poros engkol berputar 2 kali maka poros nok berputar 1 kali.



Gambar 7. mekanisme katup *OHV*

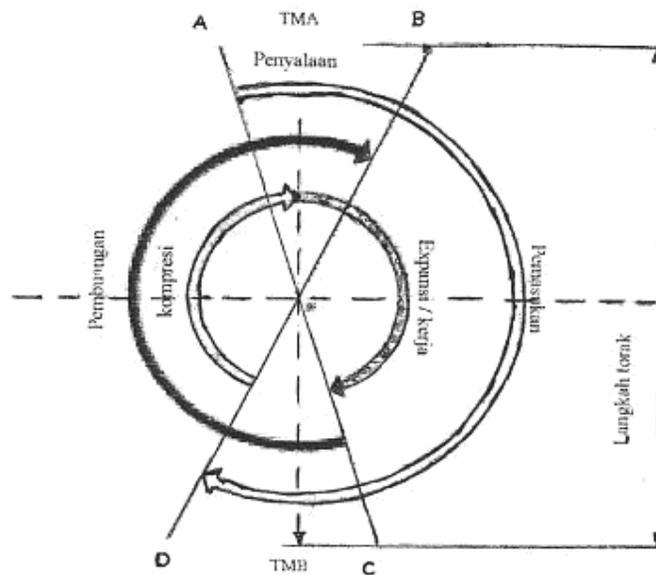
Mekanisme katup tipe *OHV* memerlukan komponen penggerak yang lebih banyak daripada tipe *OHC*, karena pada tipe *OHV* sumbu nok terletak dekat poros engkol. Untuk menggerakkan katup pada tipe *OHV* dibutuhkan beberapa komponen seperti tapet/pengangkat hidrolis, batang penekan (*push rod*) dan pelatuk (*rocker arm*) untuk meneruskan gerakan nok menuju katup. Pada tipe *OHC* tidak memerlukan tapet dan batang penekan karena letak poros nok berada di dalam kepala silinder dan berhubungan langsung dengan pelatuk. Ada juga tipe *OHC* yang tidak

memakai pelatuk karena poros nok langsung bersinggungan dengan batang katup (*direct active*).



Gambar 8. Katup dan komponen penggerak katup tipe *OHV*.

Saat membuka dan menutupnya katup hisap dan buang diatur oleh poros nok dan dapat digambarkan dengan diagram pembukaan dan penutupan katup. Dalam kenyataan saat mulai membukanya katup hisap tidaklah pada saat torak berada tepat di TMA melainkan beberapa saat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah buang dan menutup beberapa saat setelah torak mencapai TMB dan akan bergerak ke TMA. Begitu juga dengan katup buang, katup buang sudah mulai dibuka beberapa saat sebelum piston mencapai TMB pada saat akhir langkah kerja dan menutup beberapa saat setelah torak melewati TMA. Hal ini dimaksudkan supaya dapat memaksimalkan fluida pembakaran yang masuk dan keluar silinder.



Gambar 9. Diagram Pembukaan dan Penutupan katup

Membuka dan menutupnya katup diatur oleh poros nok. Saat poros engkol berputar poros nok juga ikut berputar. Poros nok menekan tapet kemudian gerakan menekan tapet diteruskan oleh batang penekan menuju pelatuk. Pelatuk yang ditekan oleh batang penekan akan bergerak menekan batang katup sehingga katup bergerak membuka. Katup akan menutup kembali karena gaya balik dari pegas katup.

Komponen katup dan penggerak katup:

a. Katup Hisap dan Katup Buang

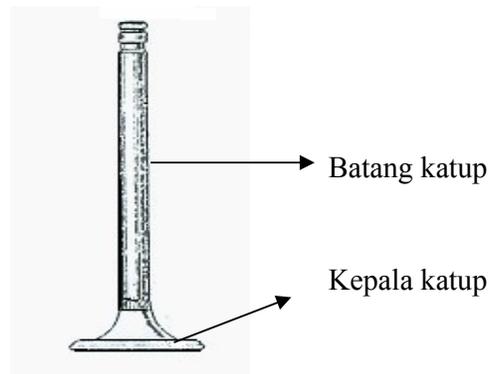
1) Katup Hisap

Katup hisap adalah katup yang menjadi pintu masuknya campuran bahan bakar dan udara baru ke dalam silinder. Katup hisap ukurannya lebih besar daripada katup buang. Hal ini karena campuran udara dan bahan bakar yang masuk melewati katup

hisap tekananya lebih kecil jika dibandingkan dengan gas hasil pembakaran yang keluar melalui katup buang. Katup hisap yang ukuranya lebih besar dimaksudkan agar campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder lebih banyak sehingga efisiensi pemasukan bisa maksimal.

## 2) Katup buang

Katup buang adalah katup yang berfungsi sebagai pintu keluar gas sisa pembakaran dari dalam silinder yang selanjutnya dikeluarkan melalui saluran pembuangan (knalpot). Katup buang mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan katup hisap hal ini dimaksudkan karena gas sisa pembakaran yang melewati katup buang mempunyai tekanan dan suhu yang lebih tinggi daripada gas yang masuk melewati katup hisap.



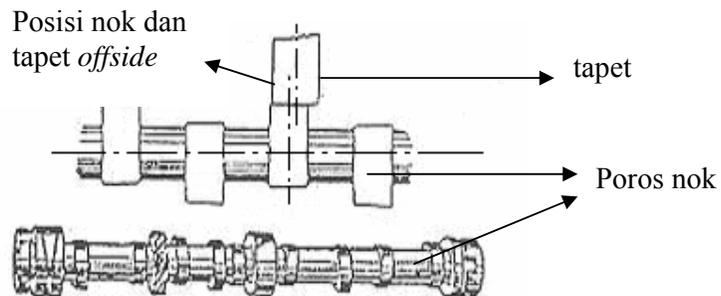
Gambar 10. Katup (*valve*)

### b. Komponen mekanisme penggerak katup

Untuk menggerakkan katup dibutuhkan beberapa komponen yang mengatur saat membuka dan menutupnya katup serta penerus

gerakan menuju ke katup. Bagian- bagian penggerak katup antara lain :

1) Poros bubungan/nok (*camshaft*)



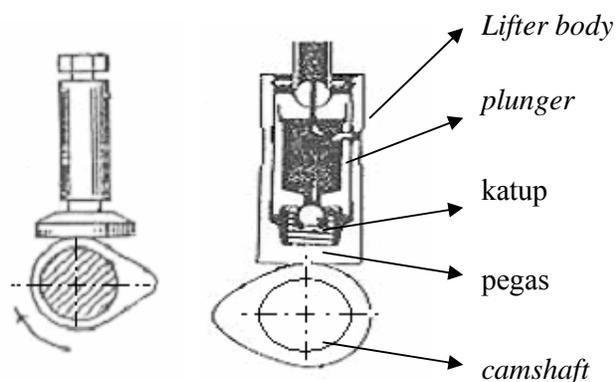
Gambar 11. Poros nok

Poros nok fungsinya sangat penting sekali pada motor 4 langkah. Poros nok mengatur saat membuka dan menutupnya katup semaksimal mungkin sesuai dengan kegunaan motor itu. Poros nok bentuknya berupa poros dan mempunyai beberapa tonjolan yang berfungsi untuk mendorong dan mengatur saat membuka dan menutupnya katup. Poros nok bergerak karena diputar oleh poros engkol. Poros nok berputar 1 kali saat poros engkol berputar 2 kali.

2) Pengangkat katup (*valve lifter*)

Pada mekanisme katup tipe OHV terdapat komponen yang disebut pengangkat katup atau biasa disebut tapet. Tapet ini berfungsi untuk mendorong batang penekan yang akan mendorong pelatuk yang kemudian mendorong katup untuk membuka dengan cara memindahkan gerakan dari bubungan nok

(*camshaft*) ke batang penghubung. Pada motor tipe OHV ada yang dilengkapi dengan pengangkat katup yang mempunyai penyetel otomatis yaitu penyetel hidrolis yang dikenal dengan nama “*hydraulic lash adjuster*” seperti yang terdapat pada Toyota Kijans seri 5K, pada model ini celah katup tidak perlu distel, celah akan terbentuk sendiri secara otomatis apabila motor itu hidup. Dengan *hydraulic lash adjuster* perawatan akan lebih ringan karena tidak perlu menyetel celah katup secara rutin.



Gambar 12. Pengangkat katup hidrolis (*hydraulic lash adjuster*)

### 3) Batang penekan (*push rod*)

Batang penekan berbentuk poros yang memanjang dengan lubang pelumasan di tengahnya. Berfungsi untuk meneruskan gaya dorong dari pengangkat katup ke pelatuk (*rocker arm*). Batang penekan terbuat dari bahan yang kuat. Batang penekan harus bisa meneruskan daya tekan dari tapet dengan cepat tanpa pengurangan daya atau lenturan. Hal ini dimaksudkan agar membuka dan menutupnya katup tepat sesuai dengan putaran

motor. Di dalam batang penekan terdapat saluran pelumasan untuk melumasi komponen penggerak katup.

#### 4) Pegas katup (*valve spring*)



Gambar 13. Pegas katup

Pada mekanisme katup pegas katup yang digunakan berbentuk spiral. Dan jumlah lilitanya berbeda antara jenis motor satu dengan yang lainnya sesuai dengan perencanaan pembuat motor itu. Pegas katup berfungsi menutup katup pada saat poros nok bebas. Apabila pegas katup lemah maka kecepatan penutupan katup akan lambat dan akan menyebabkan kelembaman pegas katup. Oleh karena itu bahan pegas katup harus memiliki tahanan tinggi terhadap kelelahan. Pada motor bakar ada yang dilengkapi dengan 2 buah pegas katup untuk tiap katupnya atau pegas katup ganda. Ada juga yang hanya memakai 1 pegas katup pada tiap katupnya.

#### 5) Dudukan katup

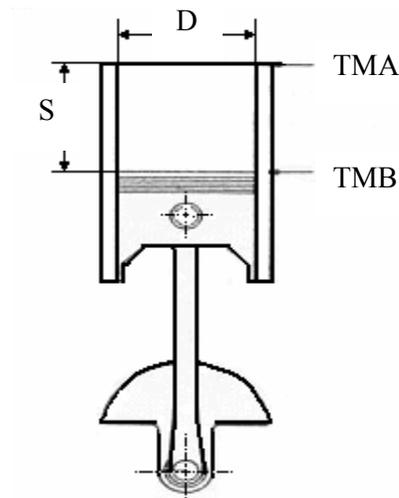
Dudukan katup berfungsi sebagai tempat duduknya kepala katup. Antara kepala katup dengan dudukan katup harus sama-

sama membuat persinggungan yang sama rapat agar tidak terjadi kebocoran pada persinggungannya. Bahan dari dudukan katup biasanya sama dengan bahan dari blok silinder motor.

#### 4. Kemampuan Motor

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi daya dan torsi motor atau kemampuan motor. Beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain volume silinder, perbandingan kompresi, efisiensi volumetrik, kualitas bahan bakar. Selain yang disebutkan masih banyak hal yang mempengaruhi kemampuan motor.

##### a. Volume silinder (volume langkah)



Gambar 14. Diameter silinder (D) dan langkah torak (S).

Besarnya volume silinder ditentukan oleh ukuran diameter silinder (*bore*) dan panjang langkah torak (*stroke*). Besarnya volume silinder dinyatakan dalam liter (L) atau dalam *centimeter cubik* (cc). Volume silinder sangat menentukan ukuran dan kekuatan motor, karena semakin besar volume silinder maka akan semakin banyak

volume campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder. Dengan semakin banyaknya campuran yang ada dalam silinder maka bisa dipastikan energi dari hasil pembakarannya akan besar pula, daya dan torsi motor pun akan naik. Volume silinder dapat dihitung dengan rumus:

$$V_s = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

$V_s$  = Volume silinder ( $m^3$ )

$D$  = Diameter Silinder (m)

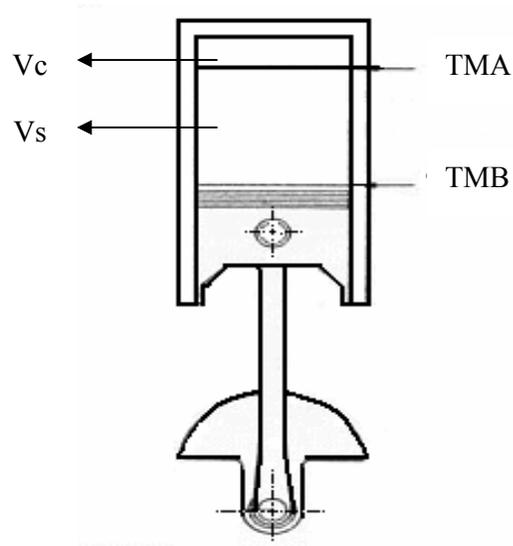
$S$  = Panjang Langkah (m)

Volume silinder dihitung dari pengukuran diameter silinder dan panjang langkah torak. Diameter silinder diukur dari garis tengah silinder ruang piston displacement tempat torak bergerak bolak-balik dari TMA ke TMB, sedangkan langkah torak adalah jarak antara TMA dengan TMB. Pada motor bakar perbandingan antara diameter silinder dan panjang langkah torak juga menentukan kemampuan motor. Motor dengan diameter silinder yang lebih besar biasanya digunakan pada motor yang bekerja pada putaran tinggi. karena dengan langkah torak yang pendek maka akan mengurangi kerugian gesek dan keausan ring piston dengan silinder. Langkah torak yang pendek juga akan mengurangi beban puntir pada bantalan motor. Sedangkan untuk motor yang lebih besar panjang langkah toraknya jika dibandingkan dengan diameter silindernya banyak dipakai pada motor yang digunakan untuk

mengangkut beban berat. Karena dengan langkah torak yang lebih panjang torsi yang dihasilkan motor itu lebih besar.

b. Perbandingan Kompresi

Besarnya perbandingan kompresi ditentukan oleh besarnya volume *piston displacement* dengan volume ruang sisa (volume ruang bakar pada saat piston berada di TMA). Perbandingan kompresi juga menentukan besarnya kemampuan motor. Perbandingan kompresi dapat digambarkan dan dihitung dengan rumus:



Gambar 15. Silinder dengan posisi torak di TMB

$$\varepsilon = \frac{V_c + V_s}{V_c} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

$\varepsilon$  = perbandingan kompresi.

$V_c$  = volume saat piston berada di TMA.

$V_s$  = volume langkah.

Perbandingan kompresi berhubungan erat dengan tekanan kompresi. Perbandingan kompresi ditentukan oleh besarnya  $V_1$  dan  $V_2$ . Untuk memperbesar harga perbandingan kompresi bisa dilakukan dengan cara memperkecil  $V_1$  atau dengan memperbesar  $V_2$ . Semakin besar perbandingan kompresi semakin besar pula tekanan kompresinya. Perbandingan kompresi untuk motor bensin dibatasi sampai 15:1 sedangkan di atasnya adalah 15:1 adalah perbandingan kompresi untuk motor Diesel. Hal ini karena untuk motor bensin media yang dikompresi adalah campuran udara dan bensin dimana apabila tekanan kompresi terlalu tinggi, maka campuran gas ini akan terbakar dengan sendirinya sebelum busi memercikan bunga api, karena suhu kompresinya melampaui suhu penyalaan dari campuran bahan bakar dan udara. Peristiwa ini disebut *knocking* dan untuk mengatasinya harus digunakan bahan bakar dengan kandungan nilai oktan yang tinggi.

### **5. Daya motor**

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu (Arends&Berenschot 1980: 20) Sebagai satuan daya dipilih watt.

Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus :

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} \text{ Nm/s (Watt)} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

n = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi mesin (Nm)

Dari rumus di atas daya motor dapat diketahui besarnya setelah diketahui berapa besar torsi (T) dan putaran mesin (n) yang dihasilkan motor itu. Dalam penelitian ini untuk mengukur daya motor digunakan alat *Hydraulic Engine Test Bed*. Prinsip kerja alat uji daya *Hydraulic Engine Test Bed* adalah dengan memanfaatkan pompa hidrolis jenis roda gigi (*Hydraulic gear pump*) yang dihubungkan satu poros dengan poros motor untuk menangkap daya poros motor yang diuji. Pompa hidrolis akan diputar oleh poros yang terhubung ke motor, kemudian aliran fluida yang dipompa oleh pompa hidrolis direm dengan menutup kran pipa tempat fluida yang keluar dari pompa hidrolis. Setelah itu dicatat tekanan masuk dan tekanan keluar fluida yang melewati pompa hidrolis. Juga dicatat debit fluidanya.

Hasil dari pengujian daya motor menggunakan *Hydraulic Engine Test Bed* akan ditunjukkan dengan perubahan kondisi yang terjadi pada panel-panel *Hydraulic Engine Test Bed* yaitu :

- a. Tekanan fluida masuk (Pa in) dalam  $\text{kg/m}^2$ .
- b. Tekanan fluida keluar (Pa out) dalam  $\text{kg/m}^2$ .
- c. Debit fluida (Q) dalam  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Untuk menghitung besarnya daya yang dihasilkan motor dihitung dengan rumus :

$$P = Q \cdot \Delta Pa \text{ (kgm/s)} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$P$  = Daya output motor (kgm/s)

$\Delta Pa$  = Tekanan fluida keluar – tekanan fluida masuk (kg/m<sup>2</sup>)

$Q$  = Debit fluida (m<sup>3</sup>/s)

Hasil pengambilan data dari alat uji *Hydraulic Engine Test Bed* tersebut setelah dihitung maka akan diperoleh besarnya daya  $P$  sebesar kgm/s yang kemudian dirubah kedalam satuan Nm/s (*Watt*) dengan mengalikanya dengan faktor konfersi..

#### 6. Torsi motor (momen putar motor)

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends&Berenschot 1980:21), pada motor bakar gaya adalah daya motor sedangkan panjang lengan adalah panjang langkah torak. Bila panjang lengan diperpanjang untuk menghasilkan momen yang sama dibutuhkan gaya yang lebih kecil, juga sebaliknya bila jaraknya sama tapi gaya diperbesar maka momen yang dihasilkan akan lebih besar pula. Ini berarti semakin besar tekanan hasil pembakaran di dalam silinder maka akan semakin besar pula momen yang dihasilkan. Torsi maksimum tidak harus dihasilkan pada saat daya maksimum pada saat yang bersamaan. Torsi (momen) sangat erat hubunganya dengan efisiensi volumetrik dari motor itu, artinya momen sangat tergantung

pada jumlah bahan bakar yang dapat dihisap masuk kedalam silinder dan kemudian dibakar , karena semakin banyak bahan bakar yang dapat dibakar berarti semakin tinggi atau besar pula gaya yang dihasilkan untuk mendorong torak. Torsi motor akan maksimum pada saat efisiensinya juga maksimum. Besarnya momen putar untuk motor 4 langkah dapat dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} \text{ (Nm)} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

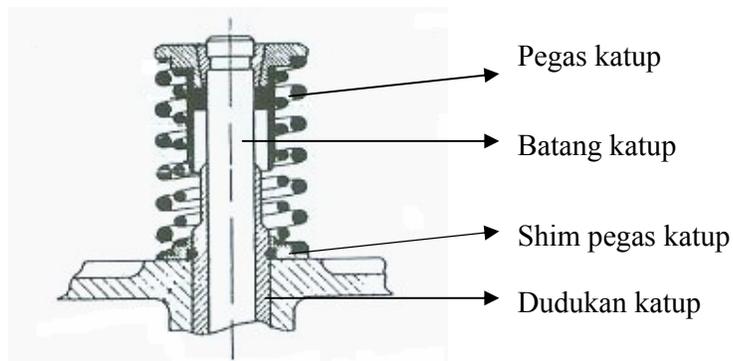
T = Torsi (Nm)

P = Daya motor (watt)

n = Putaran mesin (rpm)

Bila dikehendaki momen putar yang besar, maka dayanya (P) harus besar pula, sedangkan pada saat itu frekwensi putarnya (n) harus rendah. Hal demikian dapat dicapai dengan suatu motor yang volume langkahnya besar dan frekwensi putarnya rendah. Momen putar besar ini diperlukan untuk mencapai daya maksimum motor (Arends&Barenschot 1980:22). Pada saat torsi motor mulai turun daya motor bisa tetap naik, hal ini bisa terjadi karena peningkatan daya motor juga disebabkan oleh frekuensi putaran lebih tinggi. Daya akan terus meningkat sampai pada frekuensi putaran mesin yang lebih tinggi tidak mampu lagi memperbaiki derajat isianya yang lebih memburuk. Setelah dayanya mencapai titik maksimum akan menurun dengan cepat.

### 7. Pengaruh shim pegas katup terhadap daya dan torsi motor



Gambar 16. Shim pegas katup yang terpasang pada katup

Shim pegas katup berfungsi untuk mengganjal pegas katup pada saat pegas katup terpasang dalam silinder head motor. Pegas katup jika diganjal pada saat terpasang pada dudukannya maka gaya pegas katup itu akan menjadi lebih besar. Dengan gaya pegas yang bertambah besar maka pada saat menutup katup kecepatan menutup katup juga bertambah. Sehingga kelembaman pegas katup pada saat katup menutup dapat dikurangi. Karena kelembaman pegas katup berkurang maka katup dalam sd menutup akan lebih tepat sesuai dengan nok. Pembukaan dan penutupan katup yang tepat akan meningkatkan efisiensi motor. Karena efisiensi motor meningkat maka daya dan torsi motor juga meningkat.

## 8. Kerangka Berfikir



Gambar 17. Kerangka Berpikir

## B. HIPOTESIS

Berdasarkan uraian kerangka berpikir diatas, maka dapat dirumuskan hipotesis kerja sebagai berikut :

1. Ada pengaruh variasi tebal shim pada katup terhadap daya motor.
2. Ada pengaruh variasi tebal shim pada katup terhadap torsi motor.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Desain Penelitian**

Penelitian merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memahami, memecahkan masalah secara ilmiah, sistematis dan logis. Dalam setiap penelitian ilmiah, masalah dan metode merupakan faktor yang ikut menentukan berhasil tidaknya penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan dengan analisis deskriptif yaitu mengamati langsung hasil eksperimen kemudian membandingkan performa daya dan torsi motor 4 langkah 4 silinder 1500cc yang telah divariasi tebal shim pegas katupnya, kemudian menyimpulkan dan menentukan hasil penelitian yang paling baik (Arikunto 1996 : 275). Untuk mempermudah dalam membuat kesimpulan dari data yang diperoleh, dalam membuat kesimpulan data yang telah dibuat atau ditabelkan kemudian dibuat grafik.

#### **B. Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini ada dua macam variabel utama yang diteliti. Variabel- variabel yang dimaksud adalah:

##### 1. Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang menjadi sebab berubahnya variable control. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah tebal shim standar (0,5 mm), 1 mm, 2 mm, 3 mm.

## 2. Variabel terikat

Adalah variabel yang dipengaruhi oleh adanya variabel bebas.

Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah daya dan torsi motor.

## 3. Variabel kontrol

Variabel kontrol berfungsi untuk mengendalikan agar variabel terikat yang muncul bukan karena variabel lain, tetapi benar-benar karena variabel bebas.

Penelitian ini variabel kontrolnya adalah:

- a. Keadaan motor bisa stasioner pada putaran motor 750 rpm.
- b. Celah busi 0,7 mm.
- c. Tekanan kompresi 11-12 kg/cm<sup>2</sup> tiap silinder.
- d. Celah platina 0,45 mm dengan sudut dwell 48-54.
- e. Waktu pengapian 8<sup>0</sup> sebelum TMA pada putaran motor 750 rpm.
- f. Temperatur air pendingin pada radiator motor yang ideal yaitu  $\pm 80^0$  C.
- g. Putaran motor 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm, 3000 rpm, 3400 rpm, 3800 rpm, 4200 rpm.
- h. Bahan bakar premium diambil dari salah satu SPBU.

## C. Pengumpulan Data

Untuk mengambil data hasil penelitian dan untuk melaksanakan penelitian ini alat dan bahan serta waktu dan tempat yang digunakan adalah:

## 1. Peralatan

- a. *Tool set*, digunakan sebagai alat untuk mem`bongkar pasang bagian-bagian yang diperlukan.
- b. *Tachometer*, digunakan untuk mengukur putaran motor dalam rpm sesuai yang dibutuhkan.
- c. *Stop Watch*, digunakan untuk menghitung banyaknya waktu yang diperlukan untuk mengukur debit fluida pada *Hydrolic Engine Test Bed*.
- d. *Feeler gauge*, digunakan untuk mengukur celah busi.
- e. *Timing light*, digunakan untuk mengukur derajat pengapian.
- f. *Compression tester*, digunakan untuk mengukur tekanan kompresi tiap silinder motor.
- g. *Spring tester*, digunakan untuk mengukur besarnya gaya pegas katup.
- h. Lembar observasi, digunakan untuk mencatat hasil penelitian atau data yang diperoleh.
- i. *Hydraulic Engine Test Bed*, digunakan untuk mengukur tenaga dan torsi motor.

## 2. Bahan Penelitian

Bahan dan media yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Motor 4 langkaah 4 silinder Toyota Kijang 5 K 1500 cc dengan spesifikasi:

Tipe motor : Toyota Kijang 5 K / 4 silinder

Mekanisme katup : OHV (*Over Head Valve*)

Diameter x langkah : 80,5 x 73,0 mm

Isi silinder : 1.486 cc  
Perbandingan kompresi : 9,3 : 1  
Sistem pengapian : konvensional  
Sistem pendingin : pendingin air

b. Shim pegas katup standar (0,5 mm) 1 mm, 2 mm, dan 3 mm.

c. Paking kepala silinder dan paking knalpot.

d. Bahan bakar premium.

### 3. Waktu dan tempat penelitian

Hari : Senin – Sabtu.

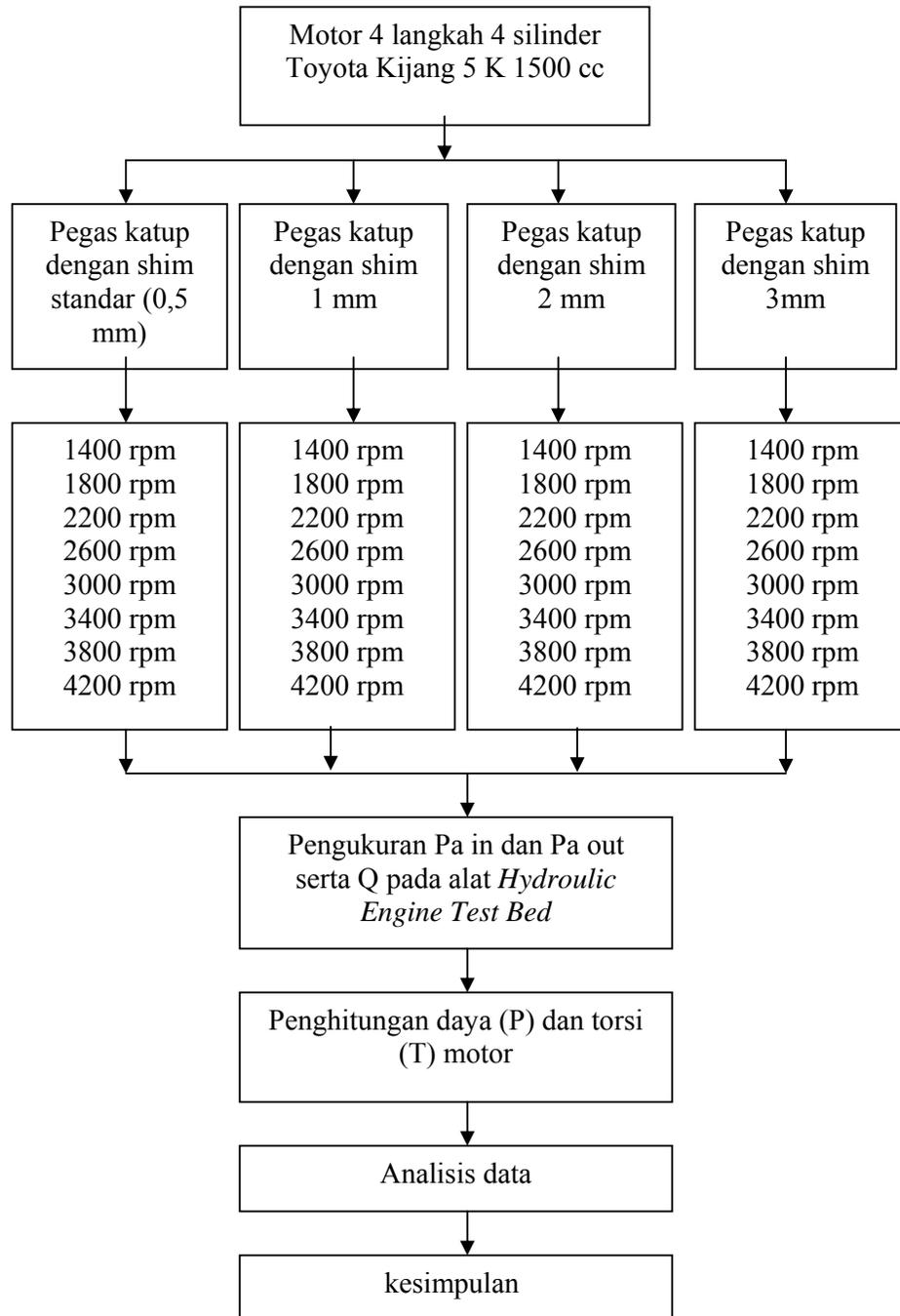
Tanggal : 12 Desember 2005 - 28 Maret 2006.

Waktu : pukul 09.00 – selesai.

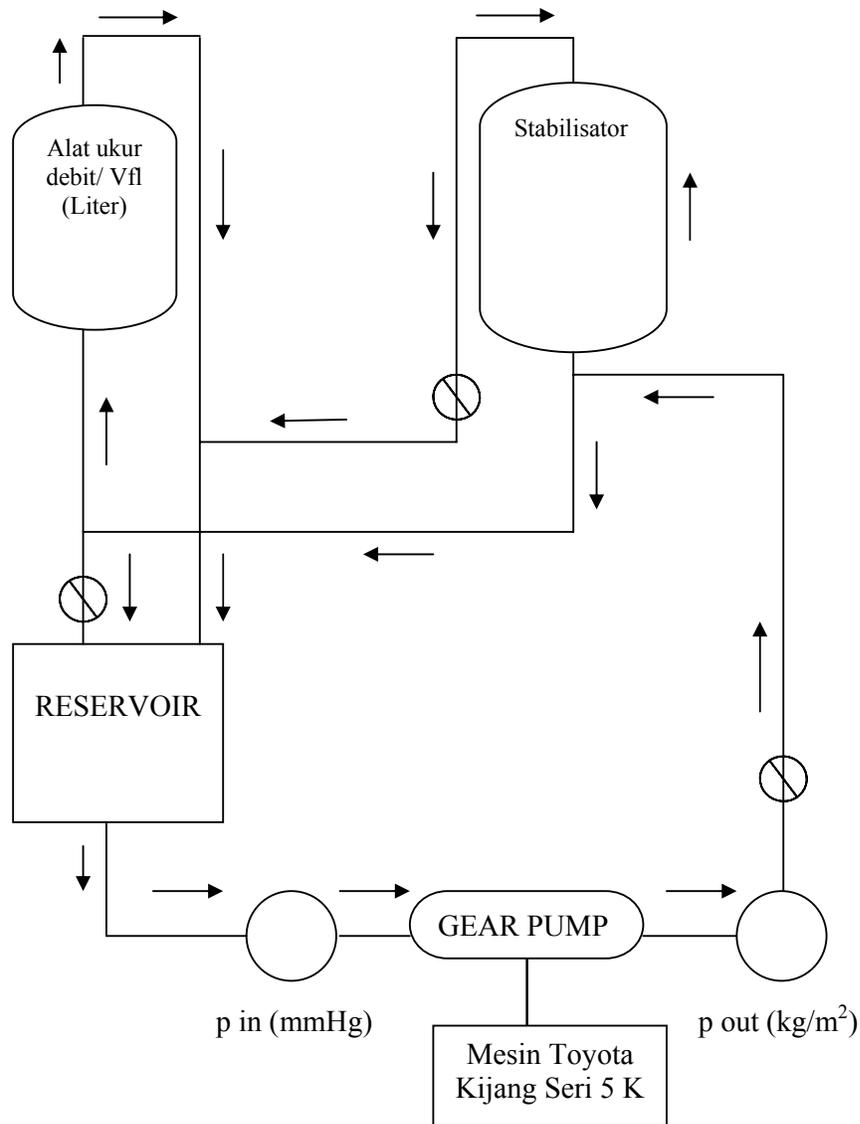
Tempat : Laboratorium uji *performance* mesin, jurusan Teknik Mesin  
gedung E9 lantai I, Fakultas Teknik, Universitas Negeri  
Semarang.

#### 4. Tahap Eksperimen

Tahap eksperimen dalam penelitian digambarkan sebagai berikut:



Gambar 18. Bagan Aliran Proses Eksperimen

Skema alat uji *Hydroulic Engine test bed*Gambar 19. Skema *Hydraulic engine test bed*

Cara Kerja *Hydroulic Engine Tes Bed* adalah *gear pump* berputar karena terhubung ke poros motor yang berputar, fluida yang terdapat pada *reservoir* akan mengalir menuju *gear pump*, pada saat fluida mengalir dari *reservoir* ke *gear pump* diukur tekanan masuknya. Setelah fluida keluar

dari *gear pump* fluida dialirkan ke stabilisator. Untuk mencari putaran motor yang diinginkan kran yang terletak setelah *gear pump* diputar menutup sampai putaran motor yang diinginkan didapat. Setelah itu dicatat tekanan keluar fluidanya. Untuk mencari debit fluida dengan cara menutup kran yang menuju *reservoir*, sehingga oli akan mengalir naik memenuhi tabung dan dapat diukur waktu debit 22 L fluida dari tabung tersebut.

Pelaksanaan dari penelitian ini ini dibagi menjadi dua tahap yaitu:

a. Tahap Persiapan Eksperimen

Yang dilakukan dalam mempersiapkan penelitian ini adalah :

- mempersiapkan alat dan bahan untuk penelitian.
- mengkalibrasi alat ukur.
- *mentune-up* motor agar kondisi motor sesuai dengan spesifikasi standar motor itu.

b. Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Penelitian dilaksanakan oleh peneliti dengan alat dan bahan yang sudah disiapkan, Urutan eksperimennya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel yang akan digunakan, yaitu motor 4 langkah 4 silinder Toyota Kijang 5K 1500 cc yang dikondisikan sesuai dengan variabel kontrol.
2. Menyiapkan shim pegas katup dengan ukuran 1 mm, 2 mm dan 3 mm.
3. Menyiapkan dan mengkalibrasi *Tachometer* untuk mengukur putaran motor.

4. Menyiapkan gelas ukur dan mengisi premium.
5. Membuat celah busi sesuai ukuran standarnya yaitu 0,8 mm.
6. Mengukur tekanan kompresi masing-masing silinder motor sesuai standarnya yaitu 9-14 kg/cm<sup>2</sup>.
7. Mengukur gaya pegas katup dengan *spring tester*.
8. Menyetel celah platina 0,45 mm.
9. Menyetel saat pengapian dengan timing light pada 8<sup>o</sup> sebelum TMA. Pada putaran motor 750 rpm.
10. Menghidupkan motor selama beberapa saat untuk mendapatkan suhu kerja motor yang optimal, kemudian dilakukan pengukuran dengan *Hydraulic Engine Test Bed* pada putaran mesin 1400, 1800, 2200, 2600, 3000, 3400, 3800, 4200 rpm untuk mengambil data motor dengan shim katup standar. Pengambilan data dilakukan 2 kali dengan cara pengambilan data yang pertama kemudian motor dimatikan dan dibiarkan sampai mesin motor dan oli pada alat uji *hydraulic engine test bed* suhunya menjadi dingin, setelah itu baru dilakukan pengujian yang kedua dengan urutan pengujian yang sama dengan yang pertama.
11. Setelah motor dimatikan dan motor sudah dingin dibongkar dan dilepas kepala silindernya untuk dipasang pegas katup yang divariasikan tebal shimnya yaitu 1 mm, 2 mm, 3 mm dan kekerasan pegasnya telah kita ukur berapa besarnya sesuai dengan variasi tebalnya.
12. Silinder head yang pegas katupnya telah diberi shim dengan tebal 1mm dipasang kembali.

13. Setelah itu motor dihidupkan kembali, lalu motor dipanaskan sampai didapat suhu kerja optimal motor yaitu kurang lebih  $80^{\circ}\text{C}$ , setelah itu dilakukan pengukur dengan *Hydraulic Engine Test Bed* pada putaran motor 1400 rpm, 1800 rpm, 2200 rpm, 2600 rpm, 3000 rpm, 3400 rpm, 3800 rpm, 4200 rpm setelah itu motor dimatikan. Yang diukur dan dicatat dari alat uji *Hydraulic engine test bed* adalah Pa in, Pa out dan waktu naiknya 22 L oli pada alat uji untuk mencari debit fluida (Q). Pengukuran dilakukan 2 kali dengan kondisi motor dan alat uji yang sama.
14. Melaksanakan langkah 11-13 untuk percobaan dan pengujian selanjutnya menggunakan pegas katup dengan penambahan shim 2 mm dan 3 mm.

Tabel 1. Hasil pengukuran pada *Hydraulic Engine Test Bed*

no	Putaran motor (rpm)	Pa in (mmHg)	Pa out (kg/cm <sup>2</sup> )	Waktu Q per 22 L (detik)
1	1400			
2	1800			
3	2200			
4	2600			
5	3000			
6	3400			
7	3800			
8	4200			

#### D. Analisa Data

Teknik analisa data dilakukan dengan cara mengolah data hasil observasi yang diambil dari alat uji *Hydraulic Engine Test Bed*. Kemudian dikonversi satuannya dan dihitung dengan rumus daya dan torsi mesin. Setelah itu dimasukkan ke dalam tabel dan digambarkan secara grafis. Dari grafis bisa dilihat perbedaanya kemudian disimpulkan. Hasil pengujian menggunakan *Hydraulic Engine Test Bed* akan menunjukkan kondisi yang terjadi pada panel-panel *Hydraulic Engine Test Bed* adalah :

- a. Tekanan fluida masuk (Pa in) dalam  $\text{kg/m}^2$ .
- b. Tekanan fluida keluar (Pa out) dalam  $\text{kg/m}^2$ .
- c. Debit fluida (Q) dalam  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Kemudian dari data tersebut digunakan persamaan 4 untuk mencari daya motor. Dari hasil pengambilan data tersebut akan diperoleh nilai daya P sebesar  $\text{kgm/s}$  yang kemudian dirubah kedalam satuan  $\text{Nm/s}$  (Watt). Setelah daya motor diketahui kemudian dihitung torsi motornya menggunakan persamaan 5.

Setelah data hasil perhitungan daya dan torsi diperoleh kemudian data tersebut di masukkan kedalam tabel dan dibuat grafiknya. Grafik yang akan dibuat adalah grafik antara daya motor dengan variasi tebal shim pegas katup standar (0,5 mm), 1 mm, 2 mm dan 3 mm pada putaran mesin yang telah ditentukan serta grafik antara torsi mesin dengan variasi tebal shim katup standar (0,5 mm), 1 mm, 2 mm dan 3 mm pada putaran mesin yang telah ditentukan.

Untuk mengambil kesimpulan maka dilakukan perbandingan terhadap torsi dan daya motor antara data pengujian pada motor yang menggunakan shim pegas katup standar (0,5 mm) dengan shim pegas katup dengan tebal 1 mm, 2 mm, dan 3 mm.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari pengamatan pada alat uji saat dilakukan penelitian masih berupa data mentah dari alat uji *hydraulic engine test bed* yang harus dihitung dahulu agar bisa diketahui daya dan torsi motor. Data yang didapat dari alat uji *hydraulic engine test bed* berupa :

1. Tekanan fluida masuk (Pa in) masih dalam satuan mmHg
2. Tekanan fluida keluar (Pa out) masih dalam satuan  $\text{kg/cm}^2$
3. Volume fluida yang diukur waktunya pada alat uji *Hydraulic engine test bed* ( $V_f=22$  liter) dalam satuan Liter
4. Waktu yang dibutuhkan (detik) untuk mencapai volume 22 liter.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut terlebih dahulu dikonversikan satuannya agar dapat memudahkan dalam perhitungan daya dan torsi motor. Konversi yang dimaksud adalah menyamakan satuan ke dalam satuan metrik. Data lengkap hasil observasi pretasi mesin dapat dilihat pada lampiran di halaman 54.

Tabel 2. Faktor konversi satuan

NO	Yang diukur	Satuan awal	Satuan akhir	Faktor konversi
1	Pa in	mmHg	$\text{kg/m}^2$	X 13,59
2	Pa out	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/m}^2$	X 10,000
3	Volume fluida	Liter atau $\text{dm}^3$	$\text{m}^3$	: 1000

Keterangan :

Tekanan masuk =  $1,033 \text{ kg/cm}^2 = 76 \text{ mmHg}$ , maka  $1 \text{ mmHg} = 13,59 \text{ kg/m}^2$ .

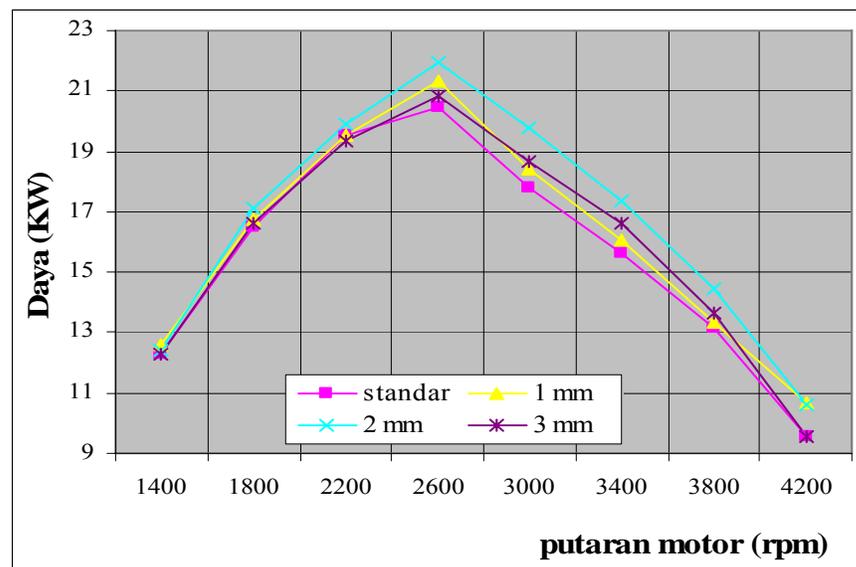
Kemudian daya tadi diubah menjadi Nm/s dengan cara dikalikan dengan percepatan gravitasi sebesar  $= 9,81 \text{ m/s}$  sehingga didapatkan daya dalam satuan Watt kemudian dirubah dalam satuan kiloWatt (kW). Data hasil penelitian yang telah dikonversi dan telah dihitung dicatat pada lembar observasi dan penelitian kemudian ditabulasikan pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan pengujian daya pada motor yang menggunakan shim pegas katup yang divariasasi tebalnya.

No	Putaran motor (rpm)	Daya (kW)			
		Shim standar (0.5 mm)	Shim 1 mm	Shim 2 mm	Shim 3 mm
1	1400	12,29	12,57	12,39	12,27
2	1800	16,47	16,75	17,1	16,59
3	2200	19,53	19,56	19,88	19,34
4	2600	20,48	21,35	21,95	20,86
5	3000	17,77	18,41	19,8	18,65
6	3400	15,62	16,09	17,35	16,6
7	3800	13,18	13,33	14,47	13,66
8	4200	9,56	10,69	10,6	9,54

Dari tabel di atas dapat dilihat pada tiap-tiap putaran terjadi peningkatan daya karena pemvariasian tebal shim pegas katup jika dibandingkan dengan pemakaian shim standarnya. Dari tabel dapat dilihat peningkatan daya paling besar terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm. Daya tertinggi pada semua ukuran tebal shim terjadi pada putaran motor

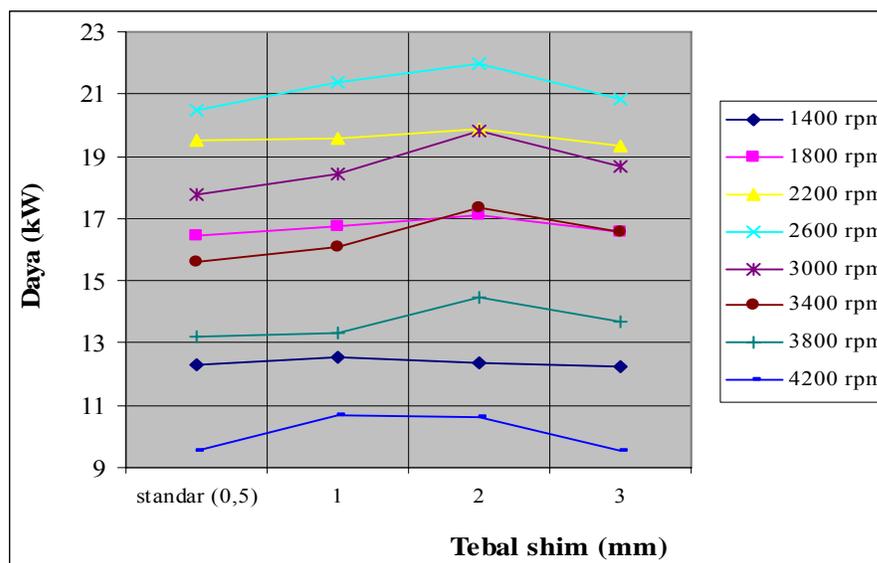
2600 rpm. Peningkatan daya pada pemakaian shim pegas katup 1 mm terhadap shim standar pada putaran mesin 2600 rpm sebesar 0,87 kW. Peningkatan daya pada pemakaian shim pegas katup 2 mm terhadap shim standar pada putaran motor 2600 rpm sebesar 1,47 kW. Peningkatan daya pada pemakaian shim pegas katup 3 mm terhadap shim standar pada putaran mesin 2600 rpm sebesar 0,38 kW.



Gambar 19. Grafik hubungan daya motor dengan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim.

Pada grafik hubungan daya motor dengan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim dapat dilihat adanya kenaikan daya motor pada masing-masing putaran. Daya motor tertinggi pada pengujian ini terjadi pada putaran motor 2600 rpm, karena pada pengujian ini bukaan *throttle* pada karburator hanya dibuka  $\frac{3}{4}$  putaran *throttle* tidak dibuka penuh. Kenaikan daya

tertinggi pada pemvariasian tebal shim pegas katup jika dibandingkan dengan shim pegas katup standar terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm. Kenaikan daya terkecil dan bahkan ada penurunan daya motor pada beberapa putaran motor terjadi pada pemakaian shim pegas katup 3 mm saat dibandingkan dengan pemakaian shim pegas katup standar.



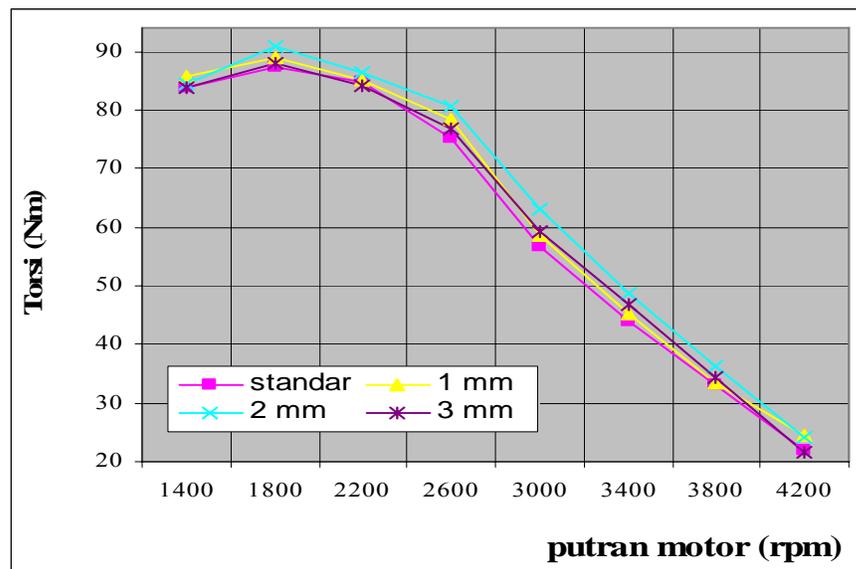
Gambar 20. Grafik hubungan daya motor dengan tebal shim pegas katup pada beberapa putaran motor.

Pada grafik hubungan daya motor dengan tebal shim pegas katup pada beberapa putaran motor dapat dilihat adanya kenaikan daya yang berbeda-beda pada pemakaian shim pegas katup standar, 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Dapat dilihat kenaikan daya paling banyak terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm. Pada pemakaian shim pegas katup 3 mm selain terjadi kenaikan daya juga terjadi penurunan daya jika dibandingkan dengan shim pegas katup standar.

Tabel 4. Hasil perhitungan torsi pada motor yang menggunakan shim pegas katup yang divariasikan tebalnya.

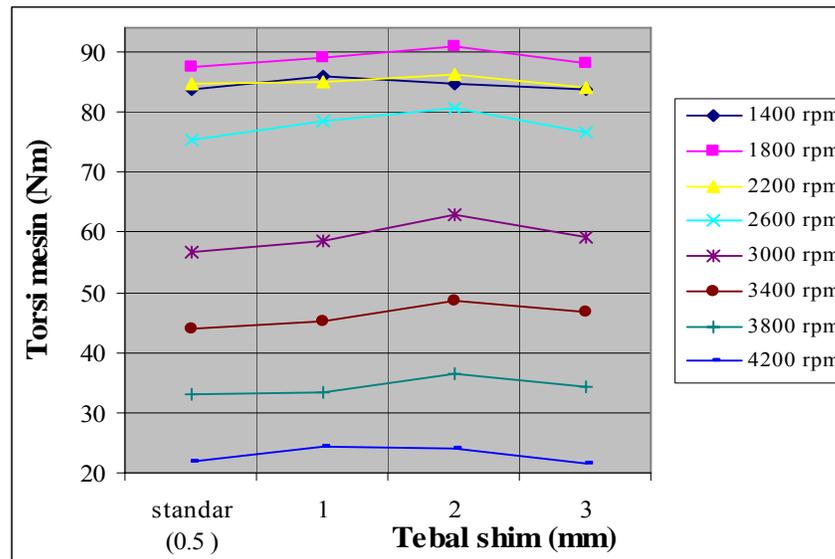
No	Putaran motor	Torsi (Nm)			
		Shim standar (0,5 mm)	Shim 1 mm	Shim 2 mm	Shim 3 mm
1	1400	83.89	85.8	84.56	83.75
2	1800	87.43	88.92	90.79	88.07
3	2200	84.81	84.97	86.35	83.99
4	2600	75.25	78.44	80.67	76.63
5	3000	56.6	58.64	63.06	59.37
6	3400	43.88	45.22	48.75	46.66
7	3800	33.15	33.51	36.38	34.36
8	4200	21.76	24.33	24.12	21.7

Dari tabel diatas dapat dilihat pada tiap-tiap putaran terjadi peningkatan Torsi motor yang berbeda pada tiap variasi tebal shim. Peningkatan torsi tertinggi nampak pada pemakaian shim katup 2 mm. torsi tertinggi pada semua ukuran tebal shim terjadi pada putaran motor 1800 rpm. Peningkatan torsi motor pada pemakaian shim pegas katup 1 mm terhadap shim standar pada putaran motor 1800 rpm sebesar 1,49 Nm. Peningkatan torsi motor pada pemakaian shim pegas katup 2 mm terhadap shim standar pada putaran mesin 1800 rpm sebesar 3,36 Nm. Peningkatan torsi motor pada pemakaian shim pegas katup 3 mm terhadap shim standar pada putaran motor 1800 rpm sebesar 0,64 Nm.



Gambar 21. Grafik hubungan torsi motor dengan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim

Pada grafik hubungan torsi motor dengan putaran motor pada beberapa variasi tebal shim dapat dilihat adanya kenaikan torsi motor pada masing-masing putaran. Torsi motor tertinggi pada pengujian ini terjadi pada putaran motor 1800 rpm, karena pada pengujian ini bukaan *throttle* pada karburator hanya dibuka  $\frac{3}{4}$  putaran *throttle* tidak dibuka penuh. Kenaikan torsi motor tertinggi pada pemvariasian tebal shim pegas katup jika dibandingkan dengan shim pegas katup standar terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm. Kenaikan torsi terkecil terjadi pada pemakaian shim pegas katup 3 mm saat dibandingkan dengan pemakaian shim pegas katup standar.



Gambar 22. Grafik hubungan torsi motor dengan tebal shim pegas katup pada beberapa putaran motor.

Pada grafik hubungan torsi motor dengan tebal shim pegas katup pada beberapa putaran motor dapat dilihat adanya kenaikan torsi yang berbeda-beda pada pemakaian shim pegas katup standar, 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Dapat dilihat kenaikan torsi motor paling banyak terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm. Pada pemakaian shim pegas katup 3 mm kenaikan torsinya paling kecil jika dibandingkan dengan torsi pada pemakaian shim pegas katup standar.

## **B. Pembahasan.**

### **1. pengaruh terhadap Daya motor.**

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup standar dengan menggunakan alat uji *Hydraulic Engine Test Bed* menunjukkan bahwa daya terbesar terjadi pada putaran motor 2600 rpm sebesar 20,48 kW dan tenaga terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm sebesar 9,56 kW.

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup 1 mm menunjukkan bahwa daya motor terbesar terjadi pada putaran motor 2600 rpm sebesar 21,35 kW. Tenaga terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm sebesar 10,69 kW. Jika daya motor yang dihasilkan pada motor yang menggunakan shim pegas katup 1 mm dibandingkan dengan motor yang menggunakan shim pegas katup standar maka akan terlihat kenaikan daya motor. Kenaikan daya motor pada putaran yang menunjukkan daya tertinggi motor yaitu pada putaran motor 2600 rpm antara motor yang memakai shim pegas katup standar dengan motor yang memakai shim pegas katup 1 mm sebesar 0,87 kW.

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup 2 mm menunjukkan bahwa daya motor terbesar terjadi pada putaran motor 2600 rpm sebesar 21,95 kW. Tenaga terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm sebesar 10,60 kW. Jika daya motor yang dihasilkan pada motor yang menggunakan shim pegas katup 1 mm dibandingkan dengan motor yang menggunakan shim pegas katup standar maka akan terlihat

kenaikan daya motor. Kenaikan daya motor pada putaran yang menunjukkan daya tertinggi motor yaitu pada putaran motor 2600 rpm antara motor dengan shim pegas katup standar dengan motor yang menggunakan shim pegas katup 2 mm sebesar 1,47 kW.

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup 3 mm menunjukkan bahwa daya motor terbesar terjadi pada putaran motor 2600 sebesar 20,86 kW. Tenaga terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm sebesar 9,54 kW. Jika daya motor yang dihasilkan pada motor dengan shim pegas katup 3 mm dibandingkan dengan motor yang memakai shim pegas katup standar maka akan terlihat kenaikan daya motor.

Kenaikan daya motor antara motor yang menggunakan shim pegas katup standar dengan motor yang menggunakan shim pegas katup yang divariasi tebal ukurannya terjadi karena dengan shim pegas katup yang ketebalannya ditambah maka akan menyebabkan konstanta pegas katup pada saat terpasang pada motor bertambah. Dengan bertambahnya konstanta pegas maka bertambah pula gaya pegas katup. Semakin besar gaya pegas katup maka kecepatan menutup katup akan bertambah.

Tabel 5. Konstanta pegas katup yang divariasi tebal shim pegas katupnya.

Shim pegas katup	Konstanta pegas katup
Standar (0,5 mm)	1,86 kg/mm
1 mm	2,00 kg/mm
2 mm	2,13 kg/mm
3 mm	2,26 kg/mm

Dengan bertambahnya gaya pegas katup maka katup akan menutup dengan lebih cepat dari standarnya. Kecepatan menutup katup akan berpengaruh pada motor yaitu saat katup menutup. Shim pegas katup yang lebih tebal dari standarnya menyebabkan gaya pegas katupnya meningkat sehingga kecepatan menutup katup lebih cepat. Hal ini menyebabkan berkurangnya kelembaman pegas katup dan kebocoran kompresi yang diakibatkan oleh campuran bahan-bakar dan udara yang telah terhisap masuk kedalam silinder keluar lagi.

Pada saat putaran motor masih rendah mekanisme membuka dan menutupnya katup masih tepat sesuai dengan alur nok, tetapi pada saat putaran tinggi pada pegas katup terjadi kelembaman pada pegas katup sehingga ketepatan membuka dan menutupnya katup berkurang. Kelembaman pegas katup terjadi karena pada putaran tinggi pegas katup dituntut agar mampu menutup katup sesuai putaran mesin. Jika pegas katupnya lemah maka kemampuan menutup kembali katup kurang cepat sehingga terjadi kelembaman pada pegas katup. Kelembaman pada pegas katup menyebabkan proses menutupnya katup hisap dan buang kurang cepat. Penutupan katup buang yang lebih cepat akan berpengaruh pada saat overlap katup dimana pada saat overlap katup katup hisap dan buang sama-sama membuka. Pada saat overlap katup, katup hisap mulai membuka dan campuran bahan-bakar dan udara akan mulai masuk ke dalam silinder. Karena saat overlap katup katup buang juga membuka maka campuran udara dan bahan bakar yang masuk melalui katup hisap akan keluar lagi mengikuti aliran gas buang yang bergerak

keluar melalui katup buang. Pada saat overlap katup, katup buang yang kecepatan menutupnya lambat menyebabkan campuran udara dan bahan bakar baru yang mulai masuk ke dalam silinder akan keluar lagi bersama gas buang.

Dengan penambahan shim pegas katup maka gaya pegas akan bertambah sehingga pada saat terpasang kecepatan menutup katup akan bertambah sehingga kelembaman pegas katup akan berkurang. Dengan berkurangnya kelembaman pegas katup maka mekanisme membuka dan menutupnya katup masuk dan buang akan lebih tepat terutama pada saat putaran motor tinggi. Dengan mekanisme membuka dan menutup katup yang lebih tepat maka overlap katup yang bertambah lama akibat pegas katup yang lemah dapat diminimalisir sehingga efisiensi volumetriknya akan meningkat dan dayanya juga ikut meningkat. Penambahan shim yang lebih tebal akan mengurangi kelembaman pegas katup.

Daya tertinggi yang terukur pada *Hydraulic Engine Test Bed* didapatkan pada pemakaian shim pegas katup 2 mm, dari grafik dapat dilihat rata-rata pada berbagai putaran motor shim 2 mm dayanya paling besar. karena pada pemakaian shim 2 mm kelembaman pegas katup semakin berkurang jika dibandingkan dengan pemakaian shim standar dan 1 mm. Sehingga daya yang dihasilkan pada penggunaan shim pegas katup 2 mm lebih besar dari shim standar (0,5 mm). Tetapi pada pemakaian shim 2 mm jika dibandingkan dengan shim 3 mm daya yang terukur ternyata lebih besar

yang 2 mm. Seharusnya semakin tebal shim pegas katup maka kelembaman pegas katup semakin berkurang dan dayanya tentu akan naik.

Memang jika memakai shim pegas katup yang lebih tebal daya indikatornya tentu akan naik. Tapi pada alat uji daya justru shim 2 mm dayanya lebih besar dari shim 3 mm, hal ini disebabkan pada pemakaian shim 3 mm pegas katup menjadi terlalu besar gayanya. Dengan bertambah besar maka beban kerja mesin untuk menggerakkan mekanisme katup menjadi bertambah. Selain itu gaya gesek yang ditimbulkan oleh mekanisme kerja komponen katup juga bertambah.

Kenaikan daya indikator pada pemakaian shim 3 mm yang relatif kecil jika dibandingkan dengan pemakaian shim 2 mm tidak mampu menutupi bertambahnya beban kerja mesin dan kenaikan gaya gesek pada mekanisme katup. Bertambahnya beban kerja mesin dan kenaikan gaya gesek pada mekanisme katup antara pemakaian shim 2 mm dengan shim 3 mm lebih besar yang 3 mm sehingga daya poros yang tertangkap pada alat uji *Hydraulic Engine Test Bed* pada motor yang menggunakan shim pegas katup 3 mm tenaganya mengalami penurunan jika dibandingkan dengan motor yang memakai shim pegas katup 2 mm.

Alat uji *Hydraulic Engine Test Bed* menggunakan pompa sentrifugal yang dipasang sejajar dengan poros motor, sehingga daya yang diukur merupakan daya pada poros motor bukan daya indikator motor. sebagian daya indikator motor dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, disamping itu

daya indikator harus pula menggerakkan beberapa aksesoris komponen motor (Arismunandar 1994 : 32). Daya pada poros sebesar:

$$N_e = N_i - (N_g + N_a) \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

$N_e$  = Daya poros

$N_i$  = Daya indikator.

$N_g$  = Daya gesek.

$N_a$  = Daya aksesoris.

Jadi penurunan daya poros pada penambahan shim 3 mm terjadi karena bertambahnya daya gesek dan daya aksesoris mesin.

## 2. Pengaruh Terhadap Torsi

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup standar dengan menggunakan alat uji *Hydraulic Engine Test Bed* menunjukkan bahwa torsi motor terbesar terjadi pada putaran motor 1800 rpm sebesar 87,43 Nm dan torsi terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm sebesar 21,76 Nm.

Hasil pengujian pada mesin yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup 1 mm menunjukkan bahwa torsi motor terbesar terjadi pada putaran motor 1800 sebesar 88,92 Nm dan torsi terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm 24,33 Nm. Jika torsi motor yang dihasilkan pada motor dengan shim pegas katup 1 mm dibandingkan dengan motor yang menggunakan shim pegas katup standar maka akan terlihat kenaikan torsi

motor. Kenaikan torsi motor pada putaran yang menunjukkan torsi tertinggi mesin yaitu pada putaran mesin 1800 rpm, Antara mesin yang memakai shim pegas katup standar dengan mesin yang memakai shim pegas katup 1 mm sebesar 1,49 Nm.

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup 2 mm menunjukkan bahwa torsi motor terbesar terjadi pada putaran motor 1800 rpm sebesar 90,79 Nm dan torsi terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm 24,12 Nm. Jika torsi motor yang dihasilkan pada motor yang menggunakan shim pegas katup 1 mm dibandingkan dengan mesin yang menggunakan shim pegas katup standar maka akan terlihat kenaikan torsi motor. Kenaikan torsi motor pada putaran motor yang menunjukkan torsi tertinggi motor yaitu pada putaran motor 1800 rpm, Antara motor yang memakai shim pegas katup standar dengan motor yang memakai shim pegas katup 2 mm sebesar 3,36 Nm .

Hasil pengujian pada motor yang menggunakan pegas katup dengan shim pegas katup 3 mm menunjukkan bahwa torsi motor terbesar terjadi pada putaran motor 1800 rpm sebesar 88,07 Nm dan torsi terkecil terjadi pada putaran motor 4200 rpm sebesar 21,70 Nm. Jika torsi motor yang dihasilkan pada motor dengan shim pegas katup 1 mm dibandingkan dengan motor yang menggunakan shim pegas katup standar maka akan terlihat kenaikan torsi motor. Kenaikan torsi motor pada putaran yang menunjukkan torsi tertinggi motor yaitu pada putaran motor 1800 rpm antara motor yang memakai shim

pegas katup standar dengan motor yang memakai shim pegas katup 3 mm sebesar 0,64 Nm.

Peningkatan torsi motor karena penggantian shim pegas katup yang divariasikan tebalnya terjadi karena adanya peningkatan daya motor. Besar torsi adalah gaya dikali jarak (Suyanto 1989 : 345 ). Gaya yang dimaksud pada mesin adalah daya mesin, sedangkan jarak yang dimaksud adalah panjang langkah piston atau panjang torak. Torsi motor akan naik apabila panjang langkah torak ditambah panjangnya. Torsi motor juga akan naik kalau daya indikatornya meningkat. Peningkatan daya menyebabkan efisiensi motor meningkat pula sehingga torsi mesin akan naik pula. Pada motor yang menggunakan shim 2 mm rata-rata pada berbagai putaran motor torsinya paling besar. Hal ini terjadi karena daya pada shim 2 mm lebih besar jika dibandingkan dengan penggantian shim standar (0,5 mm), 1 mm dan 3 mm. Pada mesin yang menggunakan shim pegas katup 3 mm torsinya menurun jika dibandingkan dengan mesin yang menggunakan shim pegas katup 2 mm. Penurunan torsi motor ini terjadi karena pada pemakaian shim pegas katup 3 mm terjadi penurunan daya motor jika dibandingkan dengan saat motor memakai shim pegas katup 2 mm. Penurunan daya dan torsi motor ini disebabkan karena dengan pegas katup yang terlalu keras gaya gesek dan beban kerja mekanisme katup bertambah. Kenaikan daya dan torsi karena penggantian shim pegas katup yang lebih tebal hanya sedikit dan pada shim 3 mm kenaikan daya dan torsinya tidak mampu mengatasi kerugian gesek dan beban kerja komponen katup yang bertambah.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian pengaruh pemvariasian tebal shim pegas katup terhadap daya dan torsi motor pada motor 4 langkah 4 silinder Toyota 5 K 1500 cc, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Ada pengaruh terhadap kenaikan daya motor akibat pemakaian shim pegas katup yang divariasikan tebalnya. Semakin tebal shim pegas katup daya motor akan naik jika dibandingkan dengan shim standar (0,5 mm). Pada putaran motor yang menghasilkan daya mesin tertinggi yaitu pada putaran 2600 rpm, kenaikan daya motor tertinggi terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm sebesar 1,47 kW. Sedangkan pada putaran motor yang sama peningkatan daya terkecil terjadi pada pemakaian shim pegas katup 3 mm yaitu sebesar 0,38 kW jika dibandingkan dengan pemakaian shim pegas katup standar.
2. Ada pengaruh terhadap kenaikan torsi motor akibat pemakaian shim pegas katup yang divariasikan tebalnya. Semakin tebal shim pegas katup torsi motor akan naik jika dibandingkan dengan shim standar (0,5 mm). Pada putaran motor yang menghasilkan torsi motor tertinggi yaitu pada putaran 1800 rpm, Kenaikan torsi motor tertinggi terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm sebesar 3,36 Nm. Sedangkan pada putaran motor yang sama peningkatan torsi terkecil terjadi pada pemakaian shim pegas katup 3 mm

yaitu sebesar 0,64 Nm jika dibandingkan dengan pemakaian shim pegas katup standar.

3. Pemakaian shim pegas katup yang paling optimum terjadi pada pemakaian shim pegas katup 2 mm. Pada pemakaian shim 2 mm terjadi peningkatan daya paling besar, Jika dirata-rata peningkatan dayanya adalah sebesar 1,08 kW. Sedangkan pada pemakaian shim 2 mm juga terjadi peningkatan torsi motor paling besar, Rata-rata peningkatan torsinya sebesar 3,48 Nm.

## **B. SARAN**

Berkaitan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan maka ada beberapa hal yang perlu peneliti sarankan, antara lain:

1. Pemakaian shim pegas katup dengan tebal 2 mm dapat diaplikasikan untuk meningkatkan daya dan torsi motor terutama untuk motor yang pegas katupnya lemah karena sudah dipakai lama .
2. Penyusun menyarankan untuk diadakanya penelitian lebih lanjut untuk meneliti daya dan torsi motor jika yang divariasi tebal shim pegas katup tetapi pada salah satu katupnya saja yaitu pada katup buang saja atau pada katup hisap saja.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arends, BPM & Barendschot, H. (1980). *Motor Bensin*. Jakarta : Erlangga.
- Arikunto, S, 1992. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Arismunandar,W, 1994. *Penggerak motor bakar Torak*. Bandung: ITB
- Daryanto. 1999. *Teknik Otomotif*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Heywood, John B. 1988. *Internal Combution Engine Fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Muilwijk, B, 1985. *Motor Bakar*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Petrovsky,N,1989. *Marine Internal Combustion Engines*. Moscow: MIR Publishers.
- Sudjana. 1992. *Metode Statistika*, Bandung: Tarsito.
- Suyanto,W, 1998. *Teori Motor Bensin*.Jakarta:P2LPTK.

## Lampiran 1

Hasil observasi untuk pengukuran daya dengan *Hydraulic Engine Test Bed*

Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada *hydraulic engine test bed* dengan pemakaian shim pegas katup standar (0,5 mm).

Putaran mesin (rpm)	Pa in (mmHg)		Pa in (mmHg) average	Pa out (kg/cm <sup>2</sup> )		Pa out (kg/cm <sup>2</sup> ) average	t Debit 22 L (detik)		t Debit 22 L (detik) avr
	1	2		1	2		1	2	
2200	-130	-130	-130	30	30,5	30,25	3,29	3,38	3,335
3000	-190	-190	-190	24	23	23,5	2,89	2,88	2,885
3800	-240	-240	-240	14	13	13,5	2,34	2,35	2,345
4200	-190	-200	-195	8	8	8	1,86	1,87	1,865
2600	-170	-170	-170	27	27	27	2,77	2,97	2,87
1400	-95	-90	-92,5	32	32	32	5,76	5,52	5,64
3400	-220	-230	-225	18	18	18	2,49	2,57	2,53
1800	-100	-105	-102,5	31	31	31	4,12	4,04	4,08

Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada *hydraulic engine test bed*

dengan pemakaian shim pegas katup 1 mm.

Putaran mesin (rpm)	Pa in (mmHg)		Pa in (mmHg) average	Pa out (kg/cm <sup>2</sup> )		Pa out (kg/cm <sup>2</sup> ) average	t Debit 22 L (detik)		t Debit 22 L (detik) avr
	1	2		1	2		1	2	
1400	-90	-85	-87,5	33	32	32,5	5,65	5,72	5,685
1800	-100	-100	-100	32	32	32	4,08	4,2	4,14
2200	-140	-130	-135	31,5	31	31,25	3,51	3,48	3,495
2600	-180	-170	-175	28	28	28	2,75	2,96	2,855
3000	-200	-200	-200	24	24	24	2,85	2,84	2,845
3400	-230	-230	-230	19	19	19	2,56	2,62	2,59
3800	-240	-240	-240	14	15	14,5	2,32	2,32	2,32
4200	-140	-145	-142,5	9	8	8,5	1,87	1,84	1,855

Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada *hydraulic engine test bed*

dengan pemakaian shim pegas katup 2 mm.

Putaran mesin (rpm)	Pa in (mmHg)		Pa in (mmHg) average	Pa out (kg/cm <sup>2</sup> )		Pa out (kg/cm <sup>2</sup> ) average	t Debit 22 L (detik)		t Debit 22 L (detik) avr
	1	2		1	2		1	2	
1400	-125	-125	-125	31,5	32	31,75	5,60	5,52	5,56
1800	-140	-135	-137.5	31	31	31	3.92	3.95	3.935
2200	-160	-160	-160	30	30	30	3.26	3.3	3.28
2600	-180	-180	-180	29	29	29	2.93	2.82	2.875
3000	-200	-200	-200	24	25	24.5	2.75	2.65	2.7
3400	-220	-220	-220	20	20	20	2.46	2.59	2.525
3800	-240	-230	-235	15	15	15	2.19	2.38	2.285
4200	-160	-160	-160	10	10	10	2.07	2.09	2.08

Data hasil observasi pengujian prestasi motor pada *hydraulic engine test bed*

dengan pemakaian shim pegas katup 3 mm.

Putaran mesin (rpm)	Pa in (mmHg)		Pa in (mmHg) average	Pa out (kg/cm <sup>2</sup> )		Pa out (kg/cm <sup>2</sup> ) average	t Debit 22 L (detik)		t Debit 22 L (detik) avr
	1	2		1	2		1	2	
1400	-95	-85	-90	33	33	33	5,86	5,79	5,825
1800	-100	-100	-100	32.5	32	32.25	4,28	4,21	4,245
2200	-140	-135	-137.5	31	31	31	3,52	3,44	3,48
2600	-170	-170	-170	29	30	29.5	3,03	3,02	3,025
3000	-190	-180	-185	25	24	24.5	2,88	2,85	2,865
3400	-205	-200	-202.5	20	20	19	2,54	2,73	2,635
3800	-215	-215	-215	15	15	15	2,37	2,46	2,415
4200	-140	-140	-140	10	10	10	2,24	2,37	2,305
1400	-95	-85	-90	33	33	33	5,86	5,79	5,825

Contoh perhitungan daya dan torsi motor dengan data yang diambil dari

*Hydraulic Engine Test Bed*

- a. Perhitungan daya pada pemakaian shim pegas katup standar saat putaran motor 1400 rpm.

$$\begin{aligned} Pa \text{ in} &= \frac{-90 + (-95)}{2} = -92,5 \text{ mmHg} \\ &= -92,5 \text{ mmHg} \times 13,59 = -1257,075 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa \text{ out} &= \frac{32 + 32}{2} = 32 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 32 \text{ kg/cm}^2 \times 10000 = 32000 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= Pa \text{ out} - Pa \text{ in} \\ &= 32000 \text{ kg/m}^2 - (-1257,075 \text{ kg/m}^2) \\ &= 321257,075 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{waktu debit fluida} = \frac{5,76 + 5,52}{2} = 5,64 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{volume fluida yang diukur dan dicatat waktunya} &= 22 \text{ Liter fluida} \\ &= 22 \text{ dm}^3 \\ &= \frac{22}{1000} \\ &= 0,022 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{debit (Q)} = \frac{0,022}{5,64} = 0,003900709 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{daya (P)} &= \Delta Pa \times Q \\ &= 321257,075 \text{ kg/m}^2 \times 0,003900709 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 1253,1304 \text{ kgm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1253,1304 \text{ kgm/s} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 12293,20956 \text{ Nm/s (Watt)} \\
 &= 12,2932 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan torsi pada pemakaian shim pegas katup standar saat putaran motor 1400 rpm.

$$\text{daya (P)} = 12293,2 \text{ W}$$

$$n = 1400 \text{ rpm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{torsi (T)} &= \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} \text{ (Nm)} \\
 &= \frac{12,2932 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 1400} \text{ (Nm)} \\
 &= \frac{12,2932 \cdot 60}{6,28 \cdot 1400} \text{ (Nm)} \\
 &= 83,89360483 \text{ Nm} \\
 &= 83,89 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

## Daftar simbol

D = Diameter Silinder

n = Putaran motor

Na = Daya aksesoris.

Ne = Daya poros

Ng = Daya gesek.

Ni = Daya indikator.

Ng = Daya gesek.

P = Daya motor

Pa in = Tekanan fluida masuk pada *Hydraulic engine test bed*

Pa out = Tekanan fluida keluar pada *Hydraulic engine test bed*

Q = Debit fluida pada *Hydraulic engine test bed*

S = Panjang langkah torak

T = Torsi/momen putar motor

Vf = Volume fluida pada *Hydraulic engine test bed*

Vs = Volume langkah torak

V<sub>c</sub> = volume saat piston berada di TMA

$\varepsilon$  = perbandingan kompresi



Gambar 23. Motor 4 langkah 4 silinder 1500 cc yang terpasang pada *Hydraulic Engine Test Bed*.



Gambar 24. *Hydraulic Engine Test Bed* yang dilengkapi panel-panel pengukur.



Gambar 25. Bahan penelitian.



Gambar 26. Peralatan penelitian.



Gambar 27. Shim pegas katup.



Gambar 28. shim pegas katup standar (0,5 mm), 1 mm, 2 mm, 3 mm.



Gambar 29. *Spring tester.*



Gambar 30. *Timing lights, compression tester, tachometer, thermometer, stop watch.*



Gambar 31. Motor Toyota 4 langkah 4 silinder 1500 cc.



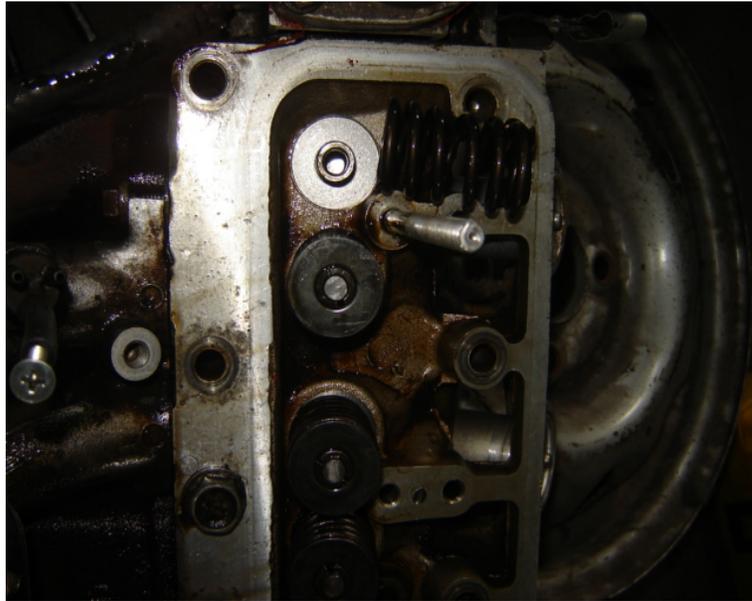
Gambar 32. Membuka kepala silinder.



Gambar 33. Membuka *Rocker arm*.



Gambar 34. Membuka katup dari kepala silinder.



Gambar 35. Pegas katup dan dudukan shim pegas katup pada kepala silinder.



Gambar 36. Memasang kembali kepala silinder.

