UJI EKSPERIMEN PENGGUNAAN INJEKTOR LUBANG 4 DAN 12 PADA MOBIL INOVA TAHUN 2006-2007

(*CASE STUDY*)

Disusun Oleh :

BELINDRA
NIM.131210036

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
PONTIANAK

2019

UJI EKSPERIMEN PENGGUNAAN INJEKTOR LUBANG 4 DAN 12 PADA MOBIL INNOVA TAHUN 2006-2007 (*CASESTUDY*)

SKRIPSI

BIDANG MOTOR BAKAR

Di Ajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

BELINDRA
NIM. 131210036

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAHPONTIANAK
2019

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur peneliti mengucapkan kehadirat Allah SWT dan mengharapkan ridho yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Uji Eksperimen Penggunaan Injektor Lubang 4 dan 12 pada Mobil Innova Tahun 2006-2007 (Case Study)"*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar sarjana Pendidikan pada program studi S– I Pendidikan Teknik Mesin fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak. Sholawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapat safaat-Nya di yaumil akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini peneliti menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Dr.Helman Fachri.S.E,M.M , rektor Universitas Muhammadiyah Pontianak atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Muhammadiyah Pontianak.
2. Fuazen,.ST.,MT, Dekan fakultas Teknik sekaligus pembimbing utama Skripsi, yang telah memberi bimbingan dengan menerima kehadiran penulis setiap saat disertai kesabaran, ketelitian, masukan-masukan yang berharga untuk menyelesaikan karya ini.
3. Waspodo,.ST.,MT, ketua jurusan / program studi Teknik Mesin yang telah memberi bimbingan dengan menerima kehadiran penulis setiap saat disertai kesabaran, ketelitian, masukan-masukan yang berharga untuk menyelesaikan karya ini.
4. Gunarto,ST.,M.Eng. ,selaku pembimbing kedua yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan dalam memberikan bahan dan menunjukkan sumber-sumber yang relevan sangat membantu penulisan karya ini.
5. Doddy Irawan,Ph.D dan Waspodo,ST.,MT. , sebagai penguji I dan II yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perhatian, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.

6. Semua dosen Teknik Mesin fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak yang telah memberi bekal pengatahuan yang berharga.
7. Kedua orang tua dan keluarga yang memberi semangat untuk penulis dalam menyelesaikan karya tulis ini.
8. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan pembelajaran di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak, khususnya program studi Teknik Mesin.

Pontianak, 1 Oktober 2019

Belindra
NIM. 131210036

RINGKASAN

Belindra, Jurusan Teknik Mesin , Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak, Uji Eksperimen Pengunaan Injektor Lubang 4 dan 12 Pada Mobil Innova Tahun 2006-2007 (*Case Study*) Dosen Pembimbing : Fuazen dan Gunarto

Pada penelitian ini melakukan pengaplikasian injektor innova lubang 4 ke injektor lubang 12. Pada injektor lubang 4 di rpm 2447 menghasilkan konsumsi bahan bakar sebesar 480,60 gr/kw-h,sedangkan pada injektor lubang 12 di rpm 2437 menghasilkan konsumsi bahan bakar sebesar 416,82 gr/kw-h. Perbedaan yang signifikan terlihat dalam melakukan pengaplikasian injektor bahwa injektor lubang 12 lebih efisiensi di bandingkan injektor lubang 4.

Kata kunci : Injektor, Motor Bakar, Efisiensi

DAFTAR ISI

HALAMAN

KATA PENGANTAR i
RINGKASAN SKRIPSI ii
DAFTAR ISI.....iv
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR NOTAS.....x
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang ……....1
1.2 Perumusan Masalah ……...1
1.3 Batasan Masalah ……...2
1.4 Tujuan Penulisan ……..2
a. Tujuan Umum ……2
b. Tujuan Khusus ……..…….....2
1.5 Manfaat Penelitian ……2
1.6 Metode Penelitian ……..... 2
1.7 Sistematika Penulisan 3
BAB II LANDASAN TEORI
2.1 Tinjauan Pustaka …….....……...…….....4
a Sistem D EFI (*Manifold Pressure Control Type*) ….....…...….....4
b SistemLEFI (*Air Flow Control Type*) ……....……..…...…...5
2.2 Sistem-sistem yang ada pada EFI …….....…….....5
a. Sistem Bahan Bakar (Fuel Sistem) ……..…...5
b. Sistem Induksi Udara (Air Induction Sistem) …...…….....6
c. Sistem Kontrol Elektronik (Electronic Control Sistem).....6
2.3 Sistem Bahan Bakar …….....6
a. Fuel pump..... 7
b. Pulsation Damper …….....10

c. Pressure Regulator ……..…10
d. Injektor …….....……..……12
e. Cold Start Injektor ……..……13
f. Cold Start Injector Time Switch …….……...……13
2.4 Sistem Induksi Udara …….....15
a. Throttle Body …….....…….16
b. Katup Udara …….....17
c. Air Intake Chamber dan Intake Manifold ……..……19
2.5 Sistem Kontrol Elektronik ……..…….20
a. Air flow meter.....21
b. Manifold pressure sensor.....21
c. Sensor Posisi Throttle.....22
d. Sensor Temperatur Air.....23
e. Sensor Temperatur Udara Masuk.....24
f. Signal Pengapian Mesin.....25
g. Signal Starter.....25
h. Relay Utama Efi.....26
i. Sensor Oxygen.....26
2.6 Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin.....28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan ……..…...30
3.2 Bahan dan Alat Penelitian ……..……30
3.3 Siklus Ideal Otto(siklus volume konstan).....…….....30
3.4 Siklus Aktual.....…….....35
3.5 Parameter Performansi Mesin.....…….....35
3.6 Langkah-Langkah Penelitian.....39
3.7 Diagram Alur Penelitian.....41
3.8 Parameter Pengujian.....42

BAB IV DATA HASIL PENELITIAN

4.1.Data Hasil Penelitian.....43
4.2.Spesifikasi Data Alat Uji.....43
4.2.1 Data Engine 2006.....43
4.2.2 Data Engine 2007.....43
4.3.Alat- Alat Yang Diperlukan…….....44
4.4.Tahap Pembongkaran Injektor.....44
4.5 Analisa Termodinamika Lubang 4.....……..…49
4.6 Parameter Performa Mesin Injektor Lubang 4.....54
4.6.1Parameter Performansi Mesin 2447 RPM.....54
4.7 Analisa Termodinamika Lubang 12.....56
4.8 Parameter Performansi Mesin Injektor Lubang 12.....61
4.8.1 Parameter Performansi Mesin 2437 RPM.....61

BAB V PENUTUP

5.1.Kesimpulan.....67
5.2.Saran.....68
DAFTAR PUSTAKA.....69

DAFTAR GAMBAR

Halaman

2.1 Sistem EFI tipe D 6

2.2 Sistem EFI tipe L….....7

2.3 Sistem Bahan Bakar EFI….....9

2.4 Pompa Bahan Bakar in Tank Type.....10

2.5 Cara Kerja Pompa Bahan Bakar in Tank Type.....10

2.6 Pompa Bahan Bakar Type in Line.....11

2.7 Cara Kerja Pompa Bahan Bakar Tipe in Line.....12

2.8 Pulsation Damper.....12

2.9 Pressure Regulator.....13

2.10 Cara Kerja Pressure Regulator.....13

2.11 Injektor.....14

2.12 Cold Start Injector.....15

2.13 Cold Start Injector Time Switch.....16

2.14 Cara Kerja Cold Start Injector Saat Mesin Dingin.....16

2.15 Cara Kerja Cold Start Injector Saat Mesin Panas.....17

2.16 Sistem Induksi Udara Tipe D EFI.....17

2.17 Sistem Induksi Udara Tipe L EFI.....18

2.18 Throttle Body.....18

2.19 Katup Udara Tipe Bimetal.....19

2.20 Katup Udara Tipe Wax.....20

2.21 Cara Kerja Katup Udara Saat Mesin Dingin.....21

2.22 Cara Kerja Katup Udara Saat Mesin Panas.....21

2.23 Air Intake Chamber.....22

2.24 Sistem Control Elektronik.....22

2.25 Air Flow Meter.....23

2.26 Manifold Pressure Sensor.....24

2.27 Sensor Posisi Throttle.....24

2.28 Sensor Temperatur Air.....25

2.29 Grafik Hubungan Temperatur Dengan Tahanan.....25

2.30 Sensor Temperatur Udara Masuk.....26

2.31 Sensor Temperatur Udara Masuk Pada D EFI.....26

2.32 Signal Pengapian Mesin.....27

2.33 Signal Starter.....27

2.34 Relay Utama EFI.....28

2.35 Sensor Oksigen.....29

2.36 Gambar Prinsip Kerja Motor Bensin.....29

3.2.1 Gambar Injektor Lubang 4.....30

3.2.2 Gambar Injektor Lubang 12.....30

3.3.1 Gambar Volume Spesifik,v.....31

3.3.2 Gambar Entropy,s.....31

3.4.1 Gambar Diagram Siklus Aktual.....35

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Injektor Dan Bahan Bakar.....29
Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian Injektor Lubang 4 Pada Ruang Bakar.....45
Tabel 4.2 Data Hasil Penelitian Injektor Lubang 12 Pada Ruang Bakar.....47

DAFTAR NOTASI

$\boldsymbol{r_c}$ = rasio kompresi

$\boldsymbol{R}$ = konstanta gas(kj/kg-K) atau (ft-lbm-ºR) atau (BTU/lbm-ºR)

$\boldsymbol{C_v}$ = panas spesifik pada volume konstan(kj/kg-K) atau(BTU/lbm-ºR)

$\boldsymbol{V_d}$ = volume langkah(cc) atau(L)atau(in^3)

$\boldsymbol{V_c}$ = volume sisa(cc) atau(L)atau(in^3)

$\boldsymbol{m_a}$ = massa udara(kg) atau(lbm)

$\boldsymbol{m_f}$ = massa bahan bakar(kg) atau(lbm)

$\boldsymbol{p_a}$ = massa jenis udara(kg/m^3)atau(lbm/ft^3)

$\boldsymbol{Q_{HV}}$ = nilai kalor bahan bakar(kj/kg)atau(BTU/lbm)

$\boldsymbol{n_c}$ = efisiensi pembakaran

$\boldsymbol{mep}$ = tekanan efektif rata-rata(kPa)atau(atm)atau(psi)

$\boldsymbol{W_i}$ = daya indikasi(kw)atau(hp)

$\boldsymbol{N}$ = kecepatan mesin(RPM)

$\boldsymbol{n}$ = jumlah putaran dalam satu siklus

$\boldsymbol{W_b}$ = daya poros(kw)atau(hp)

$\boldsymbol{sfc}$ = konsumsi bahan bakar spesifik(gr/kw-h)

$\boldsymbol{n_{th}}$ = efisiensi termal

$\boldsymbol{n_m}$ = efisiensi mekanis

$\boldsymbol{n_v}$ = efisiensi volumetrik

$\boldsymbol{W_{nett}}$ = kerja nett(kj)

$\boldsymbol{m_f}$ = laju aliran rata-rata bahan bakar(kg/sec)

Xr = residu gas buang

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI, TESIS, ATAU DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penulusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan di sebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Pontianak,

Mahasiswa,

Belindra
NIM. 131210036

LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI: UJI EKSPERIMEN PENGGUNAAN INJEKTOR LUBANG 4 DAN 12 PADA MOBIL INNOVA TAHUN 2006-2007(*CASE STUDY*)

Nama Mahasiswa	: Belindra
NIM	: 13.121.0036
Program Studi	: Teknik Mesin

DOSEN PEMBIMBING :

Dosen Pembimbing I	: Fuazen,ST.,MT
Dosen Pembimbing II	: Gunarto,ST.,M.Eng

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji I	: Doddy Irawan Ph.D
Dosen Penguji II	: Waspodo S.T.,M.T
Tanggal Ujian	: 3 Oktober 2019

Pontianak,

Mengetahui
Ketua Jurusan /Ketua Program Studi

Waspodo ST,. MT
NIDN. 1114067602

DAFTAR ISI

HALAMAN

DAFTAR ISI i

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penulisan 2
a. Tujuan Umum 2
b. Tujuan Khusus 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Metode Penelitian 3
1. Studi Literatur 3
2. Metode Observasi 3
1.7 Sistematika Penulisan 3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka 5
a. Sistem D EFI (Manifold Pressure Control Type) 5
b. Sistem L EFI (Air Flow Control Type) 6
2.2 Sistem-sistem yang ada pada EFI 7
a) Sistem Bahan Bakar (Fuel Sistem) 7
b) Sistem Induksi Udara (Air Induction Sistem) 7
c) Sistem Kontrol Elektronik (Electronic Control Sistem) 7
2.3 Sistem Bahan Bakar 8
a) Pompa Bahan Bakar 9
1. In Tank Type Pompa 9
2. In Line Type 10

b) Pulsation Damper.....12
c) Pressure Regulator.....12
d) Injektor.....14
e) Cold Start Injektor.....15
f) Cold Start Injector Time Switch.....16
2.4 Sistem Induksi Udara.....18
a) Throttle Body.....19
b) Katup Udara.....20
1. Tipe bi-metal.....21
2. Tipe Wax.....22
c) Air Intake Chamber dan Intake Manifold.....23
2.5 Sistem Kontrol Elektronik.....24
a) Air Flow Meter.....25
b) Manifold Pressure Sensor.....26
c) Sensor Posisi Throttle.....26
d) Sensor Temperatur Air.....27
e) Sensor Temperatur Udara Masuk.....29
f) Signal Pengapian Mesin.....30
g) Signal Starter.....30
h) Relay Utama EFI.....31
i) Sensor Oxygen.....32
2.6 Pemeriksaan Kerja Pompa Bahan Bakar.....33
2.6.1 Pemeriksaan Tekanan Bahan Bakar.....34
2.6.2 Pemeriksaan Kerja Injektor.....36
2.6.3 Pemeriksaan Volume Penginjeksian Injektor.....36
2.6.4 Pemeriksaan Start Injector.....37
2.6.5 Pemeriksaan Throttle Position Sensor.....38
2.6.6 Penyetelan Throttle Position Sensor.....39
2.6.7 Pemeriksaan Katup Udara.....41
2.6.8 Pemeriksaan Cold Start Injector Time Switch.....43

2.6.9 Pemeriksaan Water Tempertur Sensor.....43
2.6.10 Langka Kerja.....45

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....51
3.2 Bahan dan Alat Penelitian….....51
3.2.1 Bahan….....51
3.2.1.1 Injektor….....51
3.2.1.2 Alat.....52
3.3 Langkah-langkah Penelitian….....53
3.4 Diagram Alur Penelitian.....54
3.4.1 Parameter Pengujian.....55

DAFTAR PUSTAKA.....67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem injeksi bahan bakar atau EFI (*Electronic Fuel Injection*) yang memiliki efisiensi lebih baik, sistem ini merupakan salah satu jenis sistem bahan bakar pada motor bensin.Injeksi bahan bakar juga dapat mengontrol pencampuran bahan bakar dan udara lebih tepat dan baik dalam proporsi keseragaman.Injeksi bahan bakar dapat berupa mekanikal,elektronik atau campuran dari keduanya. Injeksi terbagi dari beberapa tipe yang membedakan dari sistem penyemprot bahan bakar adalah banyak lubang penyemprot bahan bakar yang terdiri dari 4 dan 12 lubang penyemprotan yang terdapat di injektor dari kedua tipe injektor tersebut tingkat efisiensinya pasti berbeda.

Berdasarkan keluhan dari pengguna yang memakai injektor innova lubang 4 yang merasakan bahan bakar yang kurang efisien maka dari itu para montir mengaplikasikan injektor innova lubang 12 untuk diaplikasikan ke mobil innova yang berinjektor lubang 4 untuk menghasilkan bahan bakar yang lebih efisien tetapi hal itu hanya berdasarkan pengalaman yang ada dilapangan mengatakan bahwa injektor lubang 12 yang di aplikasikan ke injektor lubang 4 lebih efisien. Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait hal di atas, dengan mengambil judul **"Uji Eksperimen Penggunaan Injector Lubang 4 Dan 12 Pada Mobil Innova Tahun 2006-2007 (*Case Study*)".**

1.2 Perumusan Masalah

Mengapa tipe injektor innova yang berlubang 12 lebih banyak digunakan dari pada tipe injektor innova yang berlubang 4 oleh masyarakat.

1.3 Batasan Masalah

1. Injektor yang akan di analisa adalah jenis injektor dari motor bensin lubang 4 dan lubang 12
2. Uji Efisiensi

1.4 Tujuan Penulisan

Ada pun tujuan penulisan penelitian ini sebagai berikut :

a. Tujuan Umum
   1. Sebagai salah satu syarat bagi kelulusan Program Sarjana (S1) Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak
   2. Menerapkan disiplin ilmu yang di dapat di bangku kuliah
   3. Mengembangkan penerapan ilmu dalam analisa dan perhitungan

b. Tujuan Khusus
   1. Untuk mengetahui efisiensi bahan bakar dari injektor lubang 4 dan lubang 12

1.5 Manfaat Penelitian

Analisa injektor masih sangat kurang sehingga di lakukan penganalisaan injektor yang memiliki lubang 4 dan 12 untuk mengetahui penyebab terjadinya efisiensi bahan bakar setelah melakukan aplikasi terhadap injektor tersebut.

1.6 Metode Penelitian

1. Studi Literatur

   Penulis mengambil buku dan jurnal sebagai referensi yang sesuai dengan penelitian.

2. Metode Observasi

   Penulis melakukan pengujian dan pengamatan langsung terhadap penganalisan injektor yang memiliki lubang 4 dan lubang 12 dengan beberapa alat uji

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I : Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, tujuan, permasalahan, batasan masalah, manfaat penulisan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Berisi tentang tinjauan pustaka, landasan teori sebagai telah keperpustakaan.

BAB III : Metodologi Penelitian

Berisi tentang desain eksperimen, bahan, alat, waktu tempat penelitian dan alur penelitian.

BAB IV : Hasil Analisa

Berisi tentang hasil analisa efisiensi injektor lubang 4 dan lubang 12.

BAB V : Penutup

Berisikan Saran dan Kesimpulan

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Sugeng Mulyono,Gunawan dan Budha Maryanti (2013) judul penelitian adalah Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Premium dan Pertamax Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin. Kendaraan umum seperti sepeda motor saat ini bisa menggunakan beberapa pilihan jenis bahan bakar Pertamina untuk motor bensin antara lain Premium dan Pertamax. Masing-masing jenis bahan bakar tersebut memiliki angka oktan yang berbeda. Unjuk kerja motor banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya jenis bahan bakar yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan angka oktan bahan bakar bensin terhadap unjuk kerja torsi, daya, dan kemudian menganalisa konsumsi bahan bakar spesifik pada motor 4 tak. Pada percobaan ini diuji unjuk kerja motor mengenai torsi, daya, dan kemudian menganalisa konsumsi bahan bakar spesifik yang digunakan pada bensin produksi Pertamina yang biasa digunakan, antara lain bensin premium dan pertamax. Masing-masing jenis bensin diuji pada motor Honda jenis Beat 108 cc tahun 2012 dengan menggunakan Dynotest, yang terhubung dengan komputer. Komputer akan mencatat grafik perubahan torsi dan daya terhadap kenaikan putaran mesin dari 500 rpm hingga 9500 rpm. Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik dihitung berdasarkan waktu yang diperlukan dalam menghabiskan setiap bahan bakar yang diuji. Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik mesin universitas Negeri Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan torsi maksimum dicapai pada bensin pertamax sebesar 116.15 Nm pada putaran 2000 rpm, diikuti campuran antara 50% pertamax dan 50% premium 99.93 Nm pada putaran 2500 rpm, dan bensin premium 67,53 Nm pada 2500 rpm. Sedangkan daya maksimum juga pada bensin pertamax sebesar 6,6 HP pada 4000 rpm dan 4500 rpm, diikuti bensin campuran 6,5 HP pada putaran 3500 rpm sampai 4500 rpm dan putaran 5500 rpm, lalu premium sebesar 6,4 HP pada putaran 5500 rpm. Untuk konsumsi bahan

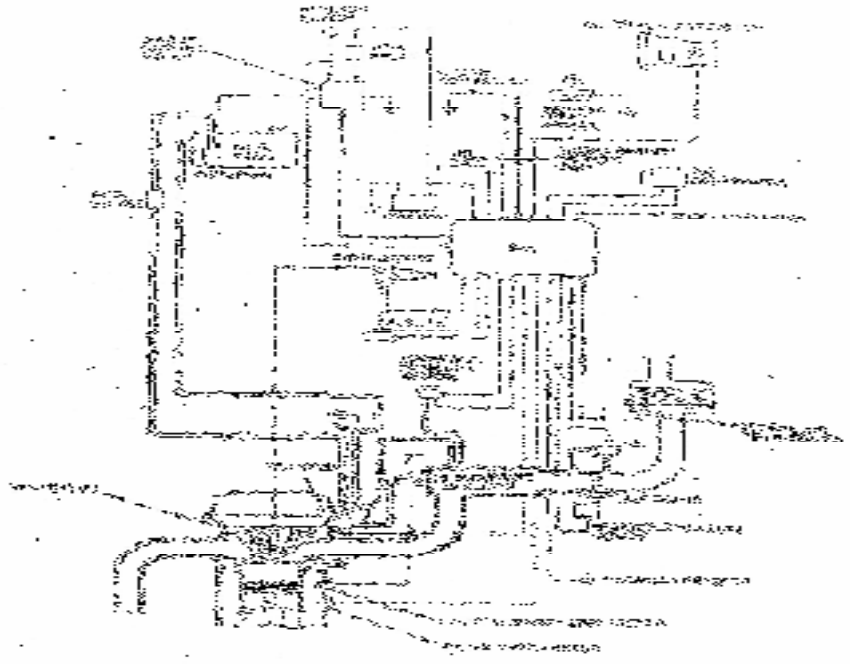
bakar spesifik minimal dimiliki pertamax sebesar 0,41 kg/kwh pada putaran 3500 rpm sampai 5500 rpm, diikuti bensin premium sebesar 0,48 kg/kwh.

Eri Sururi dan Budi Waluyo, ST (2010) judul penelitian adalah Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamax Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki Thunder Tipe EN-125. Mesin mobil maupun sepeda motor memerlukan jenis bahan bakar yang sesuai dengan desain mesin itu sendiri. Anggapan umum yang beredar dilapangan adalah bahwa penggunaan pertamax mampu meningkatkan unjuk kerja mesin yang mempunyai spesifikasi pabrik berbahan bakar premium. Pada motor bakar, unjuk kerja mesin sangat dipengaruhi oleh fenomena pembakaran didalam mesin itu sendiri. Semakin sempurna proses pembakaran di setiap kondisi kerja mesin pada mesin tersebut, semakin tinggilah prestasi mesin yang dihasilkan. Beberapa hal yang menentukan kesempurnaan pembakaran adalah perbandingan kompresi mesin (Compression Ratio), Ketepatan waktu pembakaran, perbandingan campuran udara dan bahan bakar serta homogenitas campuran. Kesalahan penggunaan bahan bakar bisa menyebabkan fenomena knocking yang selanjutnya akan memperpendek usia komponen-komponen mesin itu sendiri. Parameter prestasi mesin yang dipakai dalam penelitian ini adalah konsumsi bahan bakar spesifik (Specific Fuel Consumtiont /SFC). Dari hasil pengujian dihasilkan torsi tertinggi 10,21 kgf.m pada putaran 6000 rpm pada jenis bahan bakar premium dan daya tertinggi untuk premiun danpertamax menunjukan hasil yang sama yaitu: 10,85 HP pada putaran yang sama yaitu 10000 rpm. Pada hasil pengujian SFC pada putaran mesin 5000 rpm – 8000 rpm premium menunjukan nilai SFC yang lebih kecil sedangkan untuk putaran mesin 9000 rpm ke atas menunjukan SFC premium sedikit lebih tinggi dari pertamax.

Lukman Hakim,(2004) telah meneliti tentang pengaruh penggunaan berbagai jenis bahan bakar (Premium,Pertamax,dan Pertamax plus) terhadap kerja motor bakar bensin 4 langkah. Setelah di lakukan pengujian di peroleh bahwa penggunaan berbagai jenis bahan bakar (Premium,Pertamax dan,Pertamax plus) tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap torsi dan daya efektif yang dihasilkan oleh motor bensin 4 langkah,dimana untuk kerja yang dihasilkan dari ketiga jenis varian bahan bakar tersebut cendrung memberikan hasil yang sama.

a. Sistem D EFI (*Manifold Pressure Control Type*)

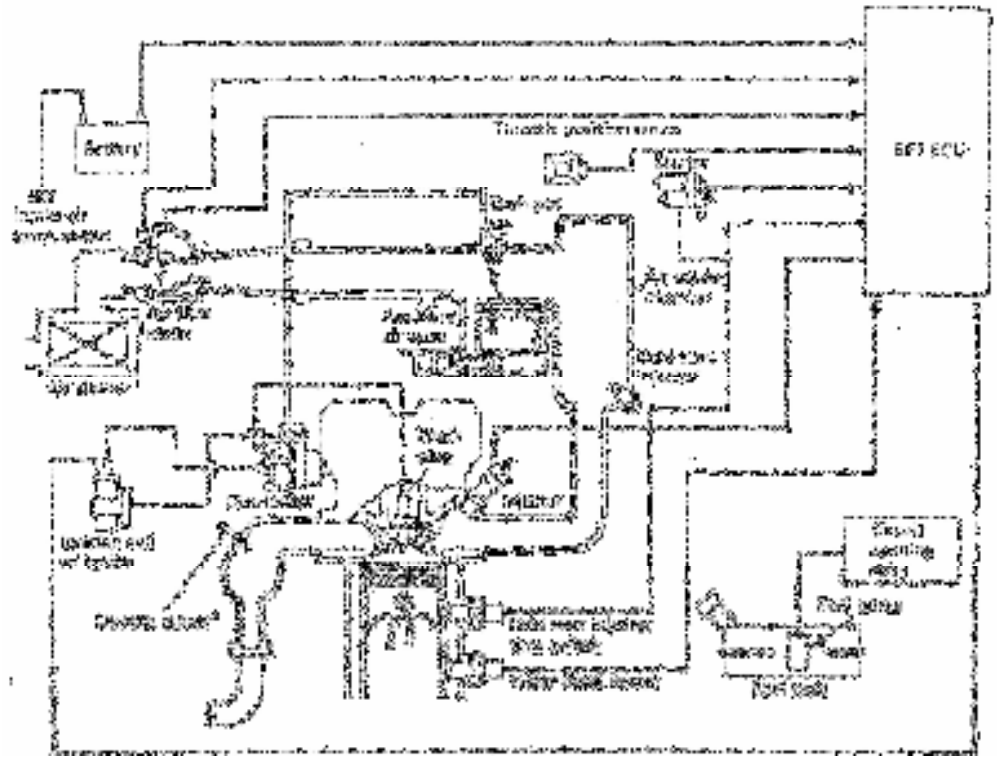
Sistem D EFI mengukur tekanan udara dalam *intake manifold*, kemudian melakukan penghitungan jumlah udara yang masuk. Sistem ini sering pula disebut "*D Jetronic*" yaitu merk dagang dari *Bosch*. Huruf D singkatan dari *Druck* (bahasa Jerman) yang berarti tekanan, sedang *Jetronic* berarti penginjeksian (*injection*). Pada sistem D EFI, dalam mendeteksi tekanan udara dan jumlah udara dalam *intake manifold* kurang akurat apabila dibanding sistem L EFI.



Gambar 2.1 Sistem EFI tipe D

b. Sistem L EFI (*Air flow Control Type*)

Pada sistem L EFI, *air flow meter* langsung mengukur jumlah udara yang mengalir melalui *intak manifold*. *Air flow meter* mengukur jumlah udara dengan sangat akurat, sehingga sistem ini dapat mengontrol penginjeksian bahan bakar lebih tepat dibanding sistem D EFI. Istilah L diambil dari bahasa Jerman yaitu "*Luft*" yang berarti udara.(www.teknik-otomotif.com)



Gambar 2.2 Sistem EF I tipe L

2.2 Sistem-sistem yang ada pada EFI

Secara garis besar terdapat tiga sistem yang ada pada EFI yaitu : sistem bahan bakar, sistem induksi udara, dan sistem kontrol elektronik.

a) Sistem bahan bakar (*Fuel System*)

Sistem bahan bakar digunakan untuk menyalurkan bahan bakar dari tangki bahan bakar sampai ke ruang bakar. Sistem ini terdiri atas: tangki bahan bakar, pompabahan bakar, saringan bahan bakar, pipa penyalur, *pressure regulator*, *pulsation damper, injektor*, dan *cold start injector.*

b) Sistem induksi udara (*Air Induction System*)

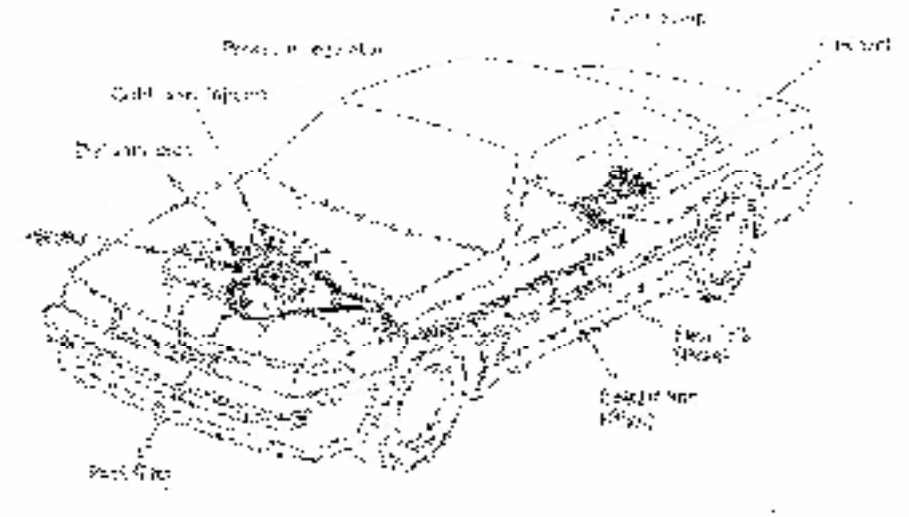
Sistem induksi udara menyalurkan sejumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran. Sistem ini terdiri atas: *air cleaner, air flow meter, throttle body, dan air valve.*

c) Sistem kontrol elektronik (*Electronic ControlSystem*)

Sistem kontrol elektronik terdiri atas beberapa sensor seperti: *air flow meter, water temperatur sensor, throttle position sensor, air temperatur sensor, dan oxygen sensor.* Pada sistem ini terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) yang mengatur lamanya kerja injektor. Pada sistem ini juga terdapat komponen lain seperti : *main relay* yang mensuplai tegangan ke ECU, *start injector time switch* yang mengatur kerja *cold start injector* selama mesin dingin, *circuit opening relay* yang mengatur kerja pompa bahan bakar dan resistor yang menstabilkan kerja injektor.(www.teknik-otomotif.com)

2.3 Sistem Bahan Bakar

Bahan bakar dihisap dari tangki oleh pompa bahan bakar yang dikirim dengan tekanan ke saringan. Bahan bakar yang telah tersaring tersebut selanjutnya dikirim ke injektor dan *cold start injector*. Tekanan dalam saluran bahan bakar (*fuel line*) dikontrol oleh pressure regulator. Kelebihan bahan bakar dialirkan kembali ke tangki melalui return line.



Gambar 2.3 Sistem bahan bakar EFI (https;//otomotiftkrnews.wordpress.com)

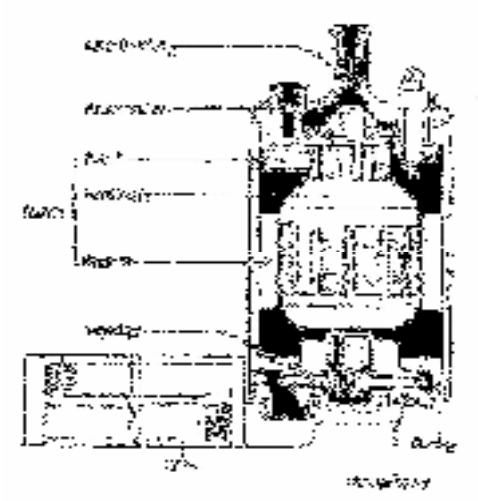
Getaran pada bahan bakar yang disebabkan adanya penginjeksian diredam oleh pulsation damper. Bahan bakar diinjeksikan oleh injektor ke dalam *intake manifold* sesuai dengan *injection signal* dari *EFI* computer. *Cold start injector* menginjeksikan bahan bakar langsung ke air intake chamber saat mesin dingin sehingga mesin dapat dihidupkan dengan mudah.

a) Fuel pump

Terdapat dua tipe pompa bahan bakar, yaitu pompa bahan bakar yang dipasang di dalam tangki dan pompa yang terpasang di luar tangki (*in line type*). Kedua pompa tersebut sering disebut *wet type* karena motor bersatu dengan pompa dan bagian dalam pompa terisi dengan bahan bakar.

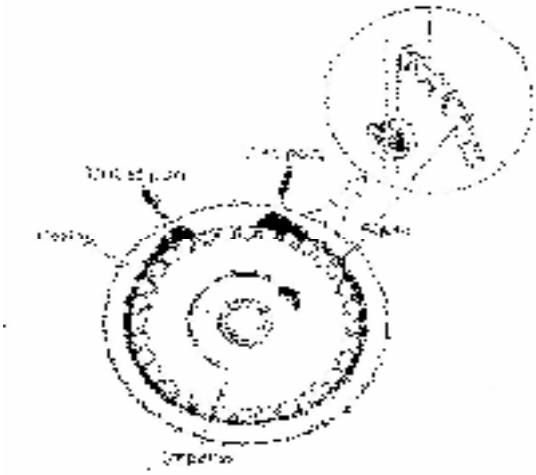
1. In tank type Pump

In tank type Pompa diletakkan atau dipasang di dalam tangki bahan bakar, menggunakan turbine pump yang mempunyai ke istimewaan getaran yang terjadi dalam pompa kecil. Pompa ini terdiri atas: *motor, check valve, relief valve dan filter.*



Gambar 2.4 Pompa bahan bakar *in tank type*

Pompa turbin terdiri atas satu atau dua impeller yang diputar oleh motor. Casing dan pump cover tersusun menjadi satu unit, sehingga apabila motor berputar maka impeller akan ikut berputar. Blade pada bagian luar lingkaran impeller mengisap bahan bakar dari inlet port dan keluar melalui outlet port. Bahan bakar yang keluar melalui sekitar motor dan dialirkan melalui valve.



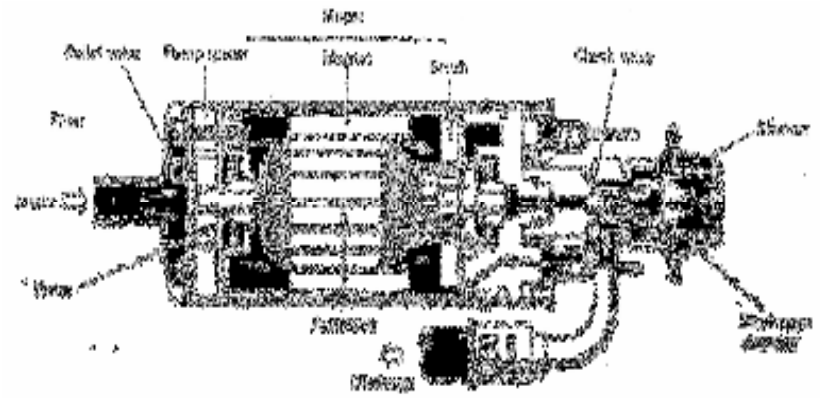
Gambar 2.5 Cara kerja pompa bahan bakar *in tank type*

Relief valve terbuka apabila tekanan bahan bakar mencapai 3,5– 6 kg/cm2. Tekanan bahan bakar yang tinggi langsung dikembalikan ke tangki bahan bakar. Jadi *relief valve* mencegah naiknya tekanan bahan

bakar dari batas yang ditentukan.*Check valve* tertutup pada saat pompa bahan bakar berhenti sehingga di dalam saluran bahan bakar terdapat sisa tekanan apabila mesin mati, sehingga mempermudah pada saat menghidupkan mesin.

2. In line type

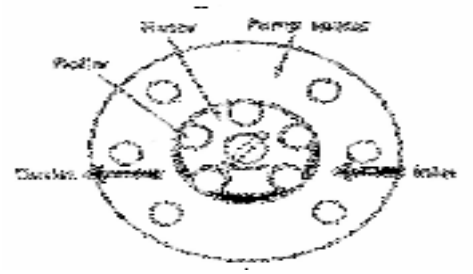
Pompa bahan bakar tipe segaris dipasang di bagian luar tangki bahan bakar. Pompa ini terdiri atas motor dan unit pompa, *check valve*, *relief valve, filter*, dan *silence*r. Pompa terdiri atas: rotor yang diputar oleh motor*, pump spacer* yang berfungsi sebagai *flange* luar dan roller-roller sebagai seal antara rotor dan pump spacer.



Gambar 2.6 Pompa bahan bakar *tipe in line*

Apabila motor berputar, maka rotor juga ikut berputar, sehingga roller-roller akan terlempar keluar karena adanya gaya centrifugal. Bahan bakar akan mengalir melalui unit motor, menekan *check valve* dan mengalir melalui silencer, setelah bahan bakar keluar dari pompa. Silencer menyerap tekanan bahan bakar yang yang dihasilkan oleh pompa dan mengurangi suara bising.

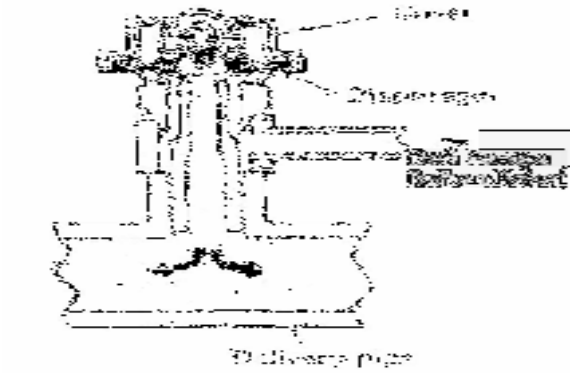
(https://afrizalbahri.files.wordpress.com/2013/04/efi)



Gambar 2.7 Cara kerja pompa bahan bakar *tipe in line*

b) Pulsation damper

Tekanan bahan bakar dipertahankan pada 2,55 atau 2,9 kg/cm2 sesuai kevakuman intake manifold dan pressure regulator. Oleh karena itu terdapat sedikit variasi tekanan pada saluran bahan bakar. Pulsation damper menyerap variasi tekanan tersebut, karena didalamnya terdapat diafragma yang dapat menetralisir variasi tekanan.

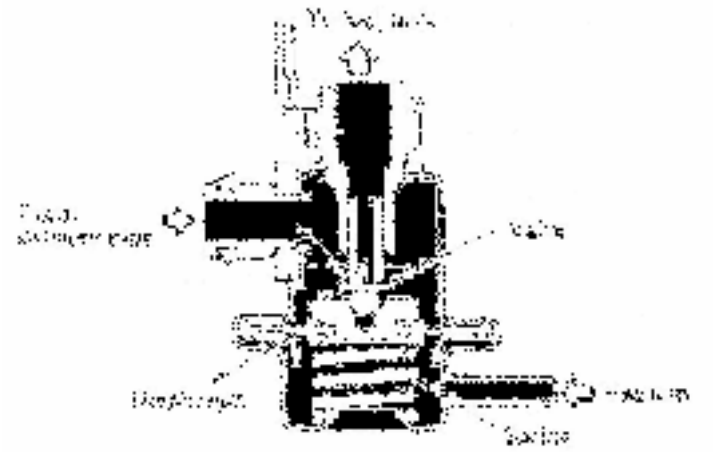


Gambar 2.8 Pulsation damper

c*) Pressure Regulator*

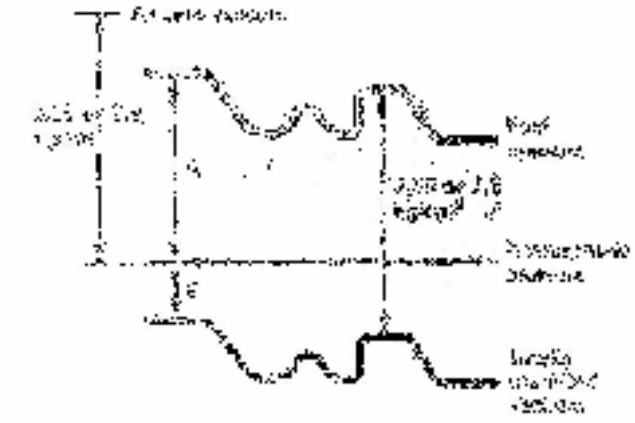
Perubahan tekanan bahan bakar akibat injeksi bahan bakar dan variasi perubahan vakum manifold mengakibatkan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sedikit berubah. Pressure regulator mengatur tekanan bahan bakar yang mengalir ke injector. Jumlah injeksi bahan bakar dikontrol sesuai lamanya signal yang diberikan ke injector, sehingga tekanan konstan pada injector harus dipertahankan.Tekanan bahan bakar

dari delivery pipe menekan diafragma, membuka katup, sebagian bahan bakar kembali ke tangki melalui pipa pembalik. Jumlah bahan bakar yang kembali ditentukan oleh tingkat ketegangan pegas diafragma, variasi tekanan bahan bakar sesuai dengan volume bahan bakar yang kembali.



Gambar 2.9 Pressure regulator

Vakum intake manifold yang dihubungkan pada bagian sisi diafragma spring melemahkan tegangan pegas diafragma, sehingga menambah volume kembalinya bahan bakar dan menurunkan tekanan bahanbakar.Dengan demikian apabila vakum intake manifold naik (tekanan mengecil), tekanan bahan bakar turun hanya pada tingkat bahan bakar A dan vakum intake manifold B dipertahankan tetap.

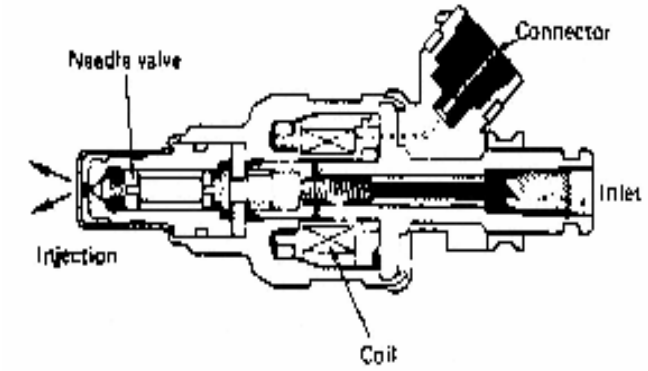


Gambar 2.10 Cara kerja pressure regulator

Apabila pompa berhenti, pegas akan menekan katup sehingga katup menutup. Akibatnya check valve dalam pompa bahan bakar dan katup di dalam pressure regulator mempertahankan sisa tekanan dalam saluran bahan bakar.Pressure regulator tidak berfungsi dikarenakan ada benda asing yang menempel di valve akan mengakibatkan menurunnya tekanan. Akibatnya mesin susah hidup, idling kasar dan tenaga mesin turun. Pressure regulator tidak dapat distel apabila rusak dan harus diganti satu unit.

d) Injector

Injektor adalah nosel electromagnet yang akan menginjeksi bahan bakar sesuai dengan signal dari ECU. Injektor-injektor dipasang melalui insulator ke intakemanifold atau cylinder head dekat lubang pemasukan(intake manifold) dan dijamin oleh delivery pipe.

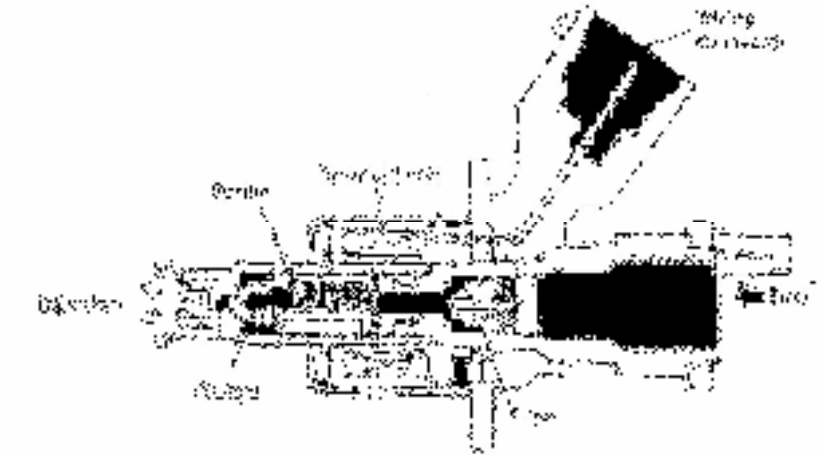


Gambar 2.11 Injektor

Apabila signal dari ECU diterima oleh coil solenoid, plunger tertarik melawan tegangan pegas. Needle valve dan plunger merupakan satu unit, maka valve juga tertarik dari dudukan dan bahan bakar akan diinjeksikan melalui ujung injector. Pengaturan volume bahan bakar yang diinjeksikan sesuai dengan lamanya signal, sedangkan langkah needle valve tetap.

e) *Cold start injektor*

Cold start injector dipasang di bagian tengah air intake chamber, berfungsi untuk memperbaiki kemampuan mesin pada waktu masih dingin.Cold start injector bekerja selama mesin distart dan temperatur air pendingin masih rendah. Lamanya injeksi maksimum dibatasi oleh start injection time switch untuk mencegah penggenangan bahan bakar. A pabila kunci kontak diputar ke posisi ST, arus mengalir ke solenoid coil dan plunger akan tertarik melawan tekananpegas, sehingga katup akan terbuka dan bahan bakar mengalir melalui ujung injector.

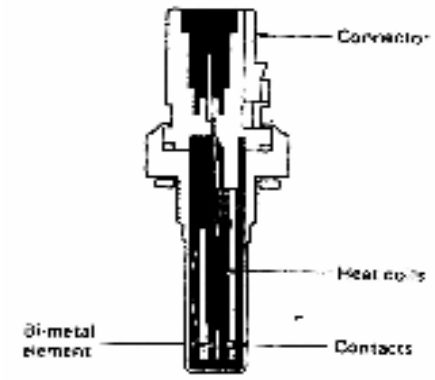


Gambar 2.12 Cold start injector

Apabila ada benda asing yang menempel pada cold start injector akan mengakibatkan kebocoran bahan bakar, akibatnya idling kasar. Setelah mesin dimatikan, sisa tekanan bahan bakar akan mengalir ke intake manifold chamber sehingga campuran bahan bakar dan udara terlalu gemuk.

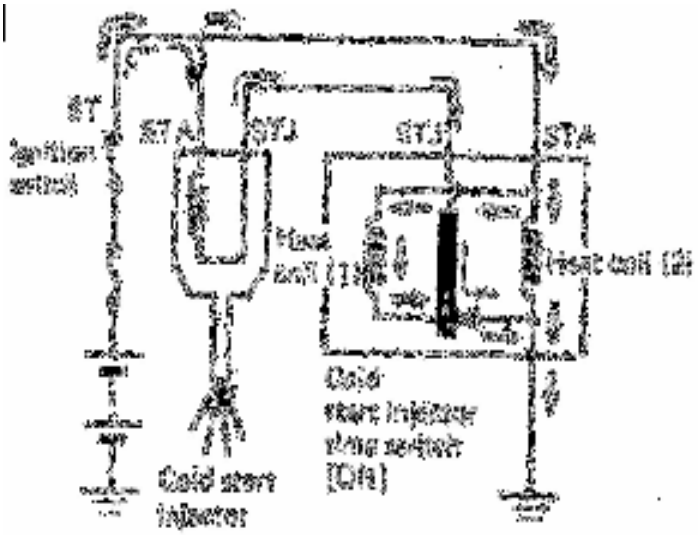
f) Cold start injector time switch

Fungsi cold start injector time switch adalah untuk mengatur lamanya injeksi maksimum dari cold start injector.



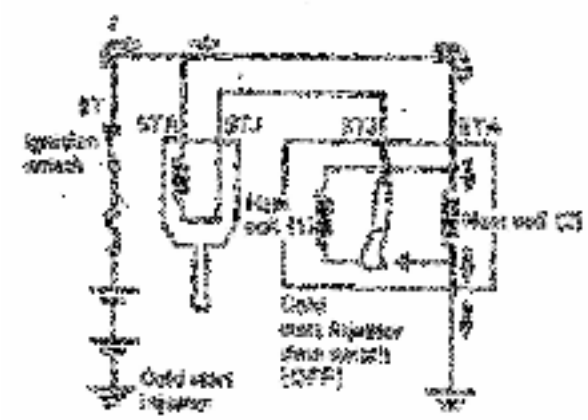
Gambar 2.13 Cold start injector time switch

Pada saat temperatur air pendingin masih rendah, kontak akan tertutup. Apabila kunci kontak diputar ke posisi ST, arus akan mengalir seperti pada gambar 66dan bahan bakar akan diinjeksikan.



Gambar 2.14 Cara kerja cold start injector saat mesin dingin

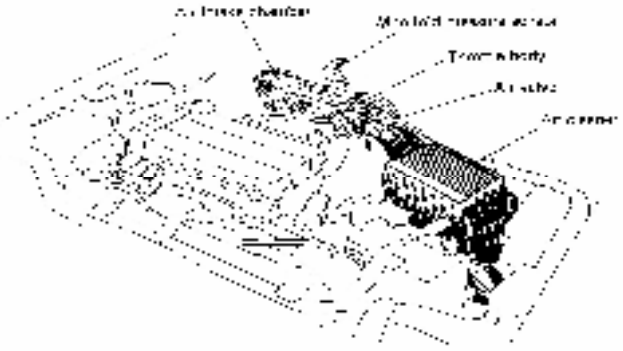
Setelah mesin distarter dan kunci kontak pada posisi ON, injeksi dari cold start injector akan berakhir. Apabila starter motor berputar pada periode yang lama, memungkinkan penggenangan bahan bakar. Oleh karena itu pada saat arus mengalir melalui heat coil (1) dan (2) elemen bimetal menjadi panas dan kontak akan terbuka. Dengan demikian tidak ada arus yang mengalir ke cold start injector, sehingga lnjeksi bahan bakar terhenti.



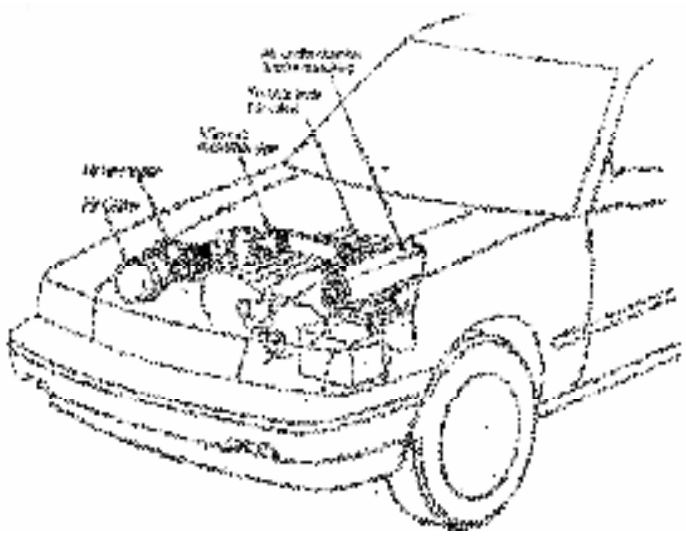
Gambar 2.15 Cara kerja cold start injector saat mesin panas

2.4 Sistem Induksi Udara

Udara dari air cleaner masuk melalui air flow meter dan membuka measuring plate sebelum mengalir ke air intake chamber. Volume udara yang mengalir ke air intake chamber ditentukan oleh pembukaan katup throttle. Selanjutnya udara dari intake chamber didistribusikan ke setiap manifold dan mengalir ke dalam rauang bakar. Apabila mesin masih dingin, air valve akan terbuka dan udara mengalir melalui air intake chamber. Sekalipun throttle valve dalam keadaan menutup, udara akan mengalir ke air intake chamber untuk menambah putaran idle atau biasa di sebut “fast idle”.



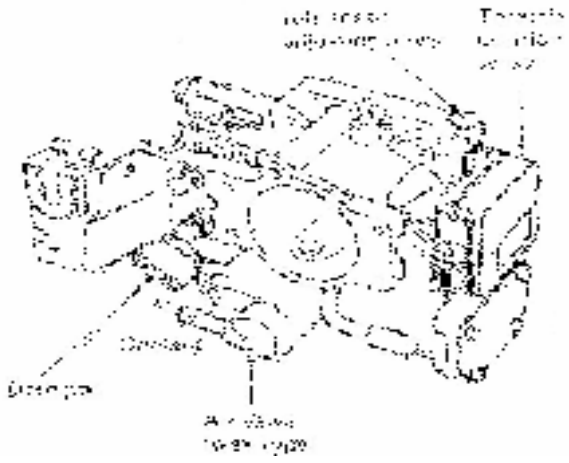
Gambar 2.16 Sistem induksi udara tipe D EFI



Gambar 2.17 Sistem induksi udara tipe L EFI

a) Throttle body

Throttle body terdiri atas : throttle valve, yang mengatur volume udara masuk selama mesin bekerja normal dan saluran bypass yang mengalirkan udara selama mesin berputar idel. Throttle position sensor juga dipasang pada poros throttle valve untuk mendeteksi sudut pembukaan katup throttle. Beberapa throttle dilengkapi dengan air valve tipe wax atau dash pot yang memungkinkan throttle valve kembali secara bertahap bila throttle valve tertutup. Air pendingin mengalir melalui throttle body untuk mencegah lapisan es pada musim dingin.



Gambar 2.18 Throttle body

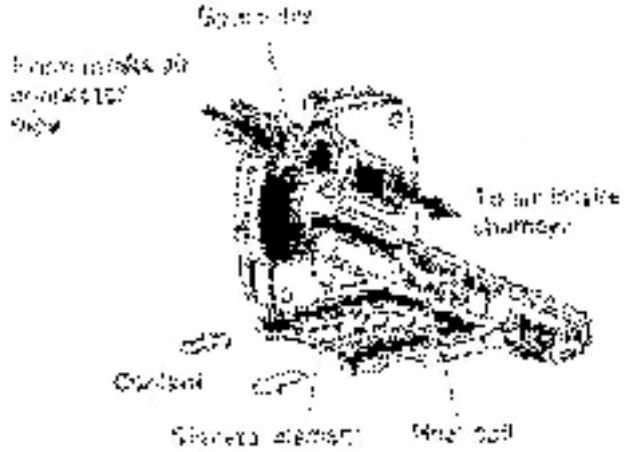
Selama putaran idel, throttle valve tertutup penuh. Udara yang masuk ke air intake chamber melalui saluran bypass. Putaran idel mesin dapat diatur dengan mengatur volume udara yang masuk melalui saluran bypass. Dengan memutar idel adjusting screw searah putaran jarum jam akan mengurangi volume udara yangmasuk melalui saluran bypass dan putaran mesin akan turun. Sebaliknya apabila idle adjusting screw diputar ke kiri, putaran mesin akan naik.Mesin yang dilengkapi dengan idel speed control (ISC), volume udara mengalir melalui saluran bypass terpisah diatur oleh ISC. Oleh karena itu idel speed adjusting screw diset pada posisi tertutup penuh oleh pabrik.

b) Katup udara

Katup udara berfungsi untuk mengatur putaran idel pada saat mesin masih dingin. Pada umumnya katupudara yang digunakan pada sistem EFI terdapat dua tipe yaitu : tipe bi-metal dan tipe wax.

1. Tipe bi-metal

Katup udara yang digunakan untuk putaran fast idel berfungsi untuk menambah putaran mesin sewaktu mesin masih dingin. Apabila mesin dihidupkan dalam keadaan dingin, gate valve terbuka, akibatnya udara dari intake air connector pipe mengalir ke saluran bypass throttle valve, kemudian mengalir ke intake air chamber.

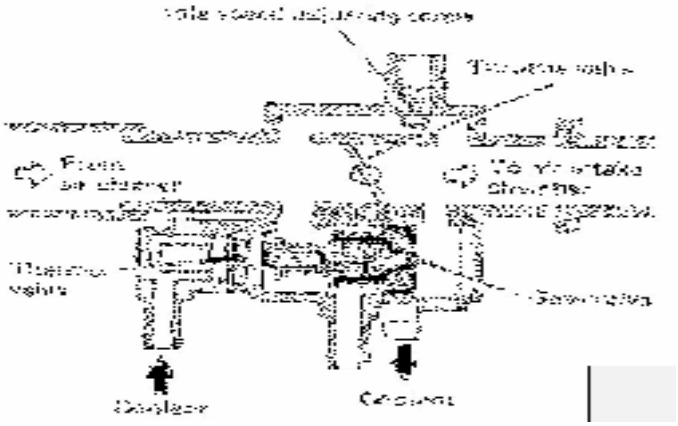


Gambar 2.19 katup udara tipe bimetal

Dengan demikian meskipun throttle valve tertutup, volume udara masuk bertambah dan putaran idel lebih tinggi dari pada putaran normal. Setelah mesin hidup beberapa saat, arus mulai mengalir ke heat coil, akibatnya bi-metal menjadi panas, gate valve secara perlahan akan tertutup dan putaran mesin akan turun. Seperti terlihat pada grafik, volume udara yang mengalir melalui air valveakan bertambah sesuai dengan turunnya temperatur udara atmosfer.Air valve dipasang pada permukaan cylinder head. Apabila mesin dihidupkan kembali pada waktu mesin panas, bi-metal dipanasi oleh panas mesin dan gate valve tertutup. Oleh karena itu udara tidak dapat mengalir melalui air valve dan mekanisme fast idel tidak berfungsi.

2. Tipe wax

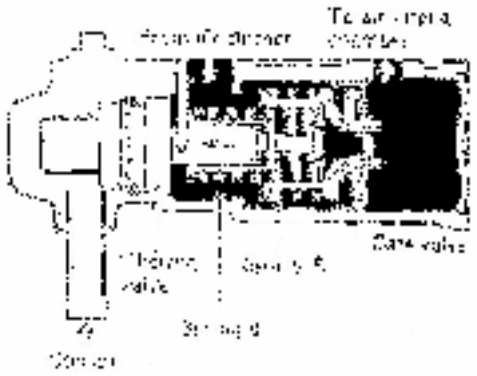
Katup udara tipe wax terpasang pada throttle body, terdiri atas thermo valve, gate valve, pegas A dan pegas B. Thermo valve diisi dengan thermo wax yang akan mengembang dan mengkerut sesuai dengan perubahan temperatur air pendingin.



Gambar 2.20 Katup udara tipe wax

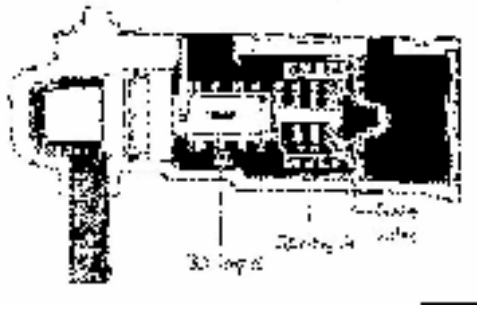
Apabila temperatur rendah, thermo valve akan mengkerut dan gate valve akan terbuka oleh pegas A. Pada keadaan ini udara mengalir melalui air valve tanpa melewati throttle valve masuk ke air intake chamber. Apabila temperature air pendingin naik,thermo valve akan mengembang

mengakibatkan pegas B menutup gate valve. Pegas B lebih kuat dari pada pegas A, gate valve tertutup sehingga putaran mesin turun.



Gambar 2.21 Cara kerja katup udara saat mesin dingin

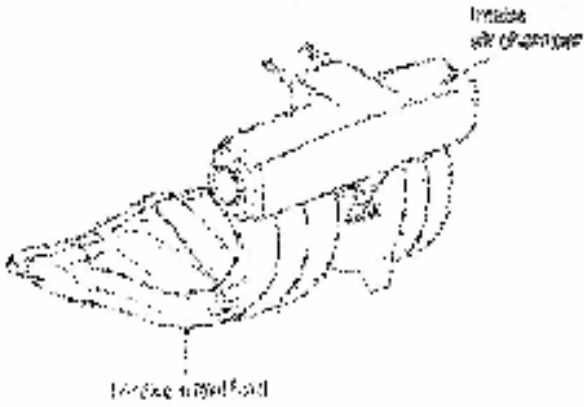
Apabila temperatur air pendingin sekitar 80 C, gate valve tertutup dan mesin pada putaran idel yang normal. Apabila temperatur air naik lebih tinggi, valve akan mengembang lebih jauh. Pada kondisi ini gaya pegas B bertambah dan mempertahankan gate valve tertutup.



Gambar 2.22 cara kerja katup udara saat mesin panas

c) Air intake chamber dan intake manifold

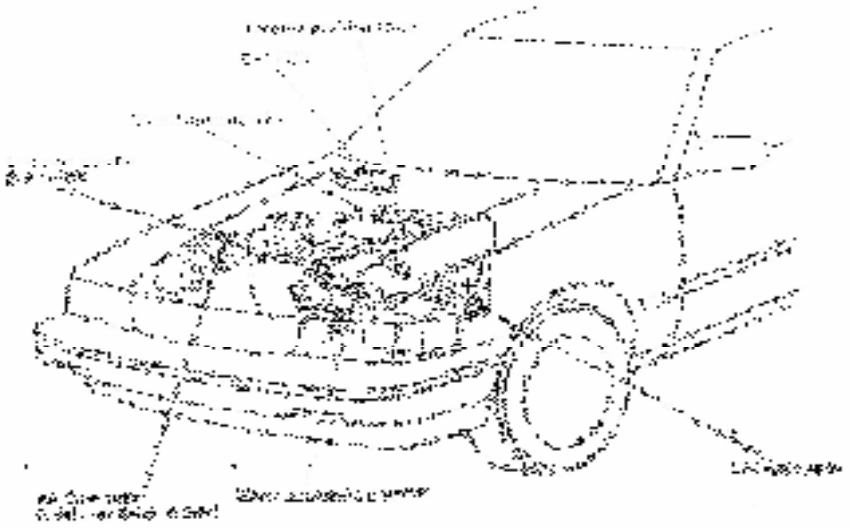
Udara yang mengalir ke dalam intake manifold terputus-putus sehingga terjadi getaran pada udara yangmasuk. Getaran tersebut akan mengakibatkan measuring plate yang ada di dalam air flow meter menjadi vibrasi, memungkinkan pengukuran volume udara kurang akurat. Oleh karena itu diperlukan air intake chamber yang mempunyai kapasitas yang besar untuk meredam getaran udara.



Gambar 2.23 Air intake chamber

2.5 Sistem Kontrol Elektronik (ECU)

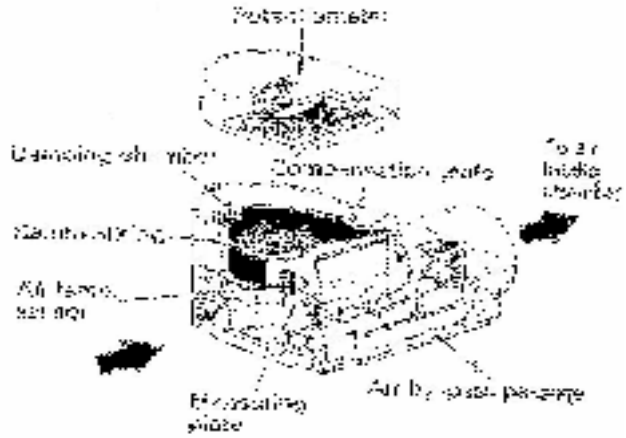
Sistem kontrol elektronik terdiri atas beberapa sensor yang mendeteksi berbagai kondisi mesin. Sensor-sensor tersebut mendeteksi volume udara masuk, beban mesin, temperatur udara dan air pendingin, akselerasi, dan deselerasi. Selanjutnya sensor-sensor mengirimkan signal-signal ke ECU, kemudian ECU menentukan lamanya injeksi yang tepat dan mengirimkan signal-signal ke injector untuk menginjeksikan bahan bakar. Volume injeksi tergantung lamanya signal dari ECU



Gambar 2.24 Sistem control elektronik

a) Air flow meter

Air flow meter terdir atas: measuring plate, return spring dan potensiometer. Udara yang masuk melalui air flow meter membuka measuring plate yang ditahan oleh return spring.

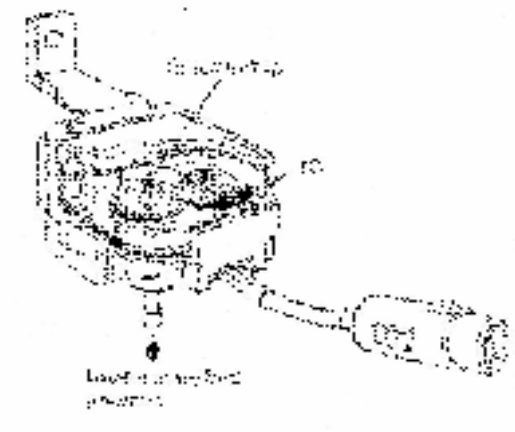


Gambar 2.25 Air flow meter

Akibatnya measuring plate dan potensiometer bergerak pada sumbu yang sama sehingga sudut membukanya measuring plate dirubah menjadi perbandingan teganganoleh potensiometer. Selanjutnya perbandingan tegangan tersebut diterima oleh ECU dalam bentuk singnal tegangan.

b) Manifold Pressure Sensor

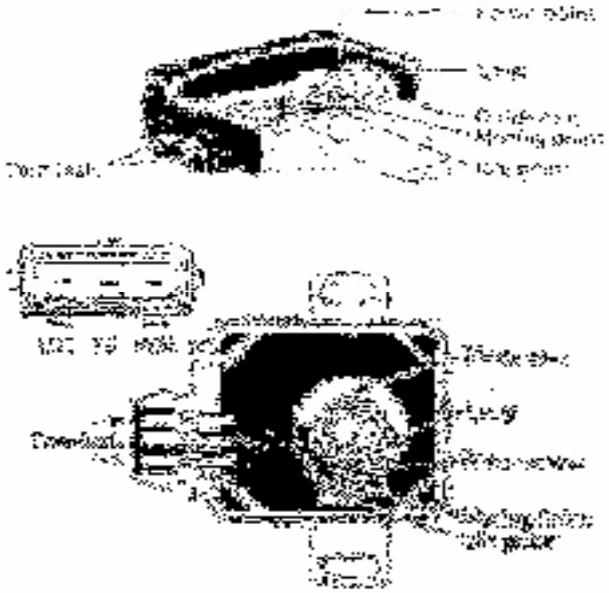
Manifold pressure sensor (vacuum sensor) bekerja berdasarkan tekanan dalam intake manifold. Tekanan yang sebenarnya tersebut sebanding dengan udara yang dialirkan ke dalam intake manifold dalam satu siklus. Volume udara yang masuk dapat ditentukan dengan mengukur tekanan intake manifold. Selanjutnya tekanan intake manifold disensor oleh silicon chip. Fungsi silicon chip adalah merubah tekanan ke dalam bentuk nilai tahanan, kemudian dideteksi secara electrical oleh IC yang ada di dalam sensor.



Gambar 2.26 Manifold pressure sensor

c) Sensor posisi throttle

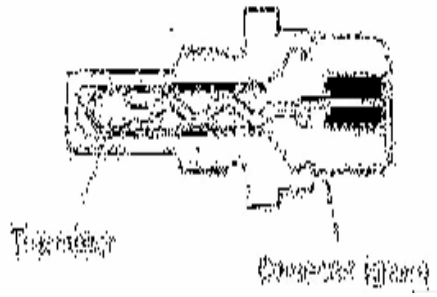
Sensor posisi throttle dipasang jadi satu dengan throttle body. Sensor ini merubah sudut membukanya throttle menjadi tegangan dan mengirimkan ke ECU. Signal yang dikeluarkan oleh throttle position sensor adadua, yaitu signal IDL dan signal PSW. Signal IDL digunakan untuk menghentikan aliran bahan bakar dan signal PSW untuk menambah injeksi bahan bakar.



Gambar 2.27 Sensor posisi throttle

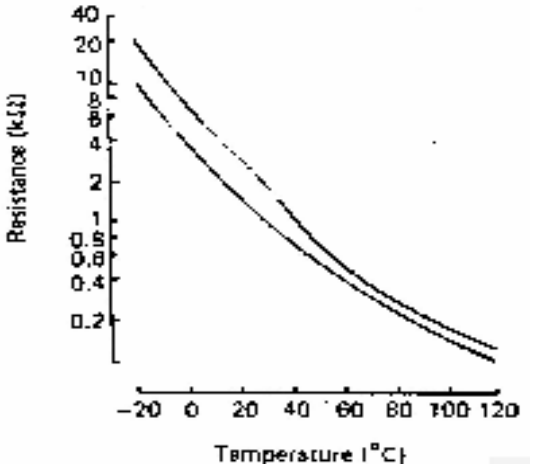
d) Sensor temperatur air

Pada sensor temperatur air terdapat thermister yang berfungsi untuk mendeteksi suhu air pendingin. Apabila temperatur mesin masih rendah penguapan bensin juga rendah sehingga diperlukan campuran yang gemuk.



Gambar 2.28 Sensor temperatur air

Tahanan thermister besar pada saat suhu air pendingin masih rendah sehingga signal tegangan yang dihasilkan THW akan tinggi.



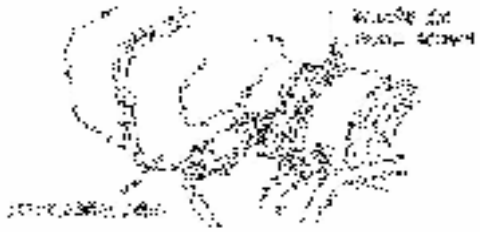
Gambar 2.29 Grafik hubungan temperatur dengan tahanan

Selanjutnya signal tersebut dikirim ke ECU untuk menambah volume bahan bakar yang diinjeksikan. Sebaliknya apabila suhu air pendingin tinggi, signal tegangan yang dihasilkan THW akan rendah, selanjutnya signal ini dikirim ke ECU untuk mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan.

e) Sensor temperatur udara masuk

Gambar 2.30 Sensor temperatur udara masuk

Sensor temperatur udara masuk mendeteksi suhu udara yang masuk.Sensor tersebut dilengkapi dengan thermister dan diletakkan di dalam air flow meter.Pada sistem EFI tipe D, sensor temperatur udara diletakkan pada kotak saringan udara (air cleaner case) atau pada intake air chamber.

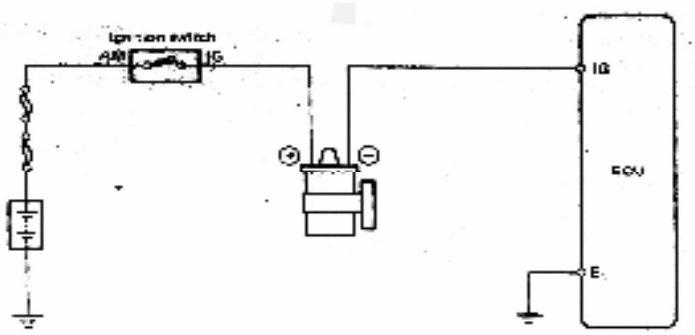


Gambar 2.31 Sensor temperatur udara masuk pada D EFI

Volume dan kepadatan udara berubah sesuai dengan berubahnya temperatur udara. Oleh karena itu meskipun volume udara yang diukur air flow meter kemungkinan sama, tetapi jumlah injeksi bahan bakar akan berubah-ubah sesuai dengan berubahnya temperatur. Pada temperatur di bawah 20 C bahan bakar yang diinjeksikan bertambah, dan di atas 20 C berkurang. Dengan demikian perbandingan udara dan bahan bakar dijamin ketepatannya meskipun temperaturnya berubah.

f) Signal pengapian mesin

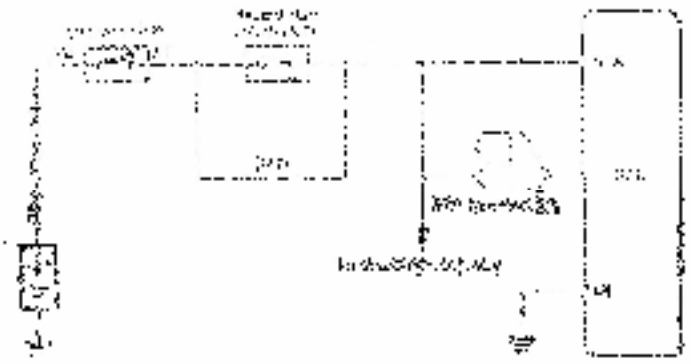
Dalam nenentukan saat pengapian dan putaran mesin, ECU memerlukan masukan dari signal pengapian mesin. Signal tersebut untuk mengkalkulasi penentuan awal volume bahan bakar yang diinjeksikan dan penghentian bahan bakar. Apabila tegangan pada terminal negatif ignition coil mencapai atau melebihi 150 volt, ECU akan mendeteksi signal tersebut.



Gambar 2.32 Signal pengapian mesin

g) Signal starter

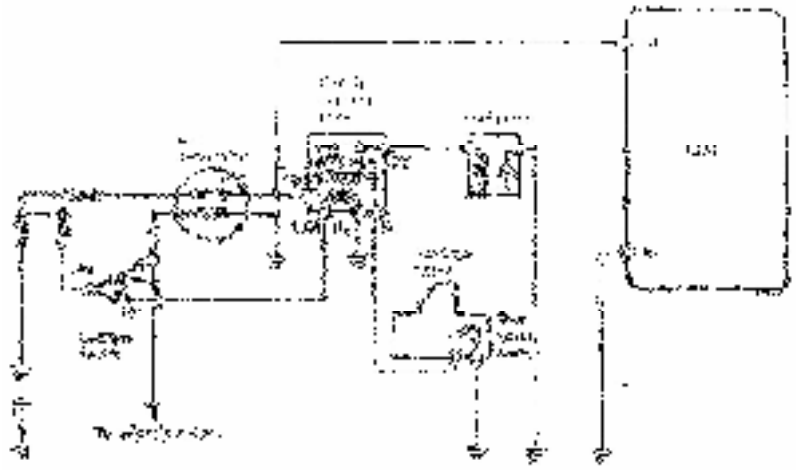
Signal starter digunakan apabila poros engkol mesin diputar oleh motor starter. Selama poros engkol berputar, aliran udara lambat dan suhu udara rendah sehingga penguapan bahan bakar tidak baik (campuran kurus). Untuk meningkatkan kemampuan start mesin diperlukan campuran yang kaya. Signal starter berfungsi untuk menambah volume injeksi selama mesin distarter. Tegangan signal starter sama dengan tegangan yang digunakan pada motor starter.



Gambar 2.33 Signal starter

h) Relay utama EFI

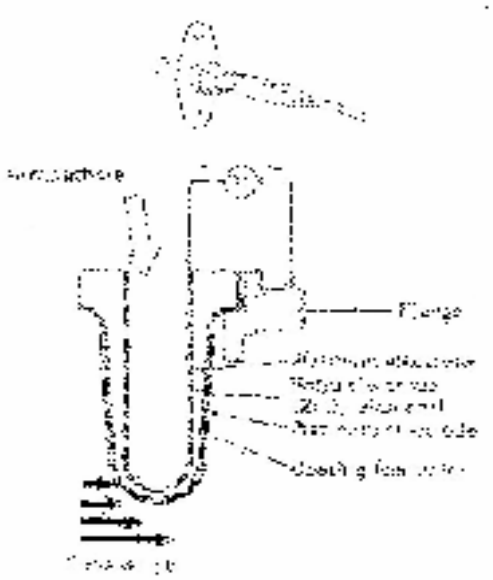
Relay utama digunakan sebagai sumber tegangan untuk ECU dan circuit opening relay. Relay tersebutberfungsi untuk mencegah penurunan tegangan dalam sirkuit ECU. Apabila kunci kontak ON, arus akan mengalir ke relay, titik kontak akan berhubungan dan arus akan mengalir dari baterai melalui kedua fusible link ke ECU dan circuit opening relay selanjutnya ke pompa bahan bakar.



Gambar 2.34 Relay utama EFI

i) Sensor oxygen

Sensor oxygen mensensor apakah campuran udara dan bahan bakar gemuk atau kurus terhadap campuran udara dan bahan bakar teoritis. Sensor tersebut ditempatkan di dalam exhaust manifold yang terdiri atas elemen yang terbuat dari zirconium dioxide (ZrO2, semacam material keramik). Elemen tersebut dilapisi dengan lapisan tipis platina pada bagian dalam dan luarnya. Udara sekitar yang dimasukkan ke bagian dalam sensor dan luar sensor terkena gas buang.



Gambar 2.35 Sensor oksigen

Tabel 2.1 Injektor dan Ron bahan bakar Pertamax

Nama alat	Bahan bakar	Ron	Rasio kompresi
Injektor lubang 4	Pertamax	92	_
Injektor lubang 12	Pertamax	90	_

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Metode pengumpulan data yang dipakai dalam penelitian ini adalah studi literatur dan metode observasi. **AUTO 2000** yaitu salah satu perusahaan publik di Kalimantan Barat yang bergerak di bidang Penjualan, dan Perawatan alat Transportasi darat, yaitu kendaraan ringan (mobil).

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

a. Gambar Injektor Lubang 4

b. Gambar Injektor lubang 12

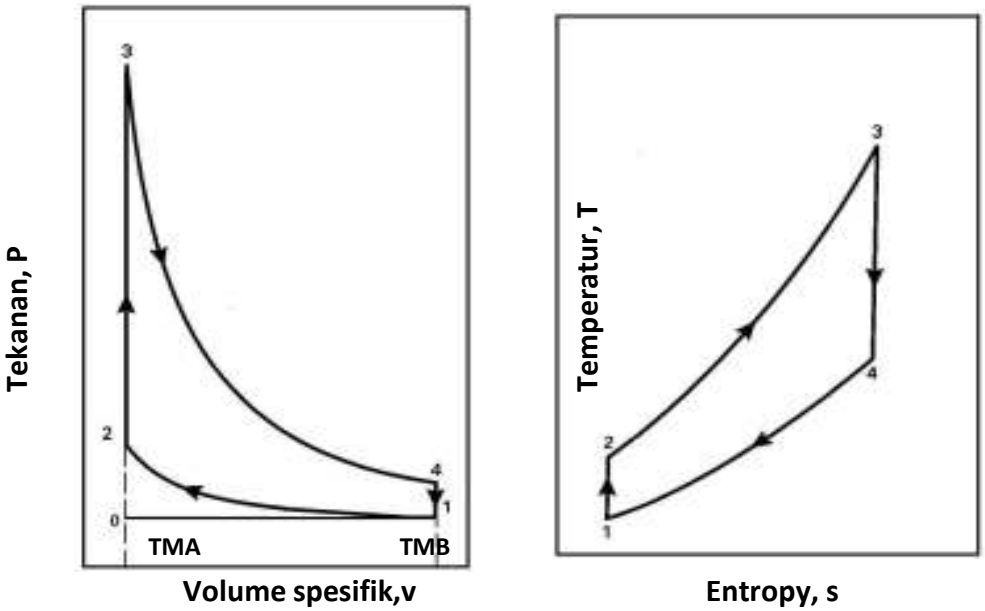
3.3. Siklus ideal Otto (siklus volume konstan)

Agar dapat lebih mudah memahami diagram p – v motor bakar torak, maka dilakukan terlebih dahulu idealisasi. Proses yang terjadi sebenarnya berbeda dengan proses ideal.

Beberapa idealisasi pada siklus ideal antara lain:

a. Fluida kerja dalam silinder adalah udara, dianggap gas ideal dengan konstanta kalor yang konstan.
b. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara isentropik.

c. Proses pembakaran dianggap sebagai proses pemanasan fluida kerja.
d. Pada akhir proses ekspansi, yaitu pada saat torak mencapai Titik Mati Bawah, fluida kerja didinginkan sehingga tekanan dan temperatur turun mencapai tekanan dan temperatur atmosfer.
e. Tekanan fluida kerja di dalam silinder selama langkah buang dan langkah isap adalah konstan dan sama dengan tekanan atmosfer.



Gambar 3.1. Diagram P – v dan T – s siklus Otto

Proses siklusnya sebagai berikut :

a. Proses 0 – 1 (Langkah Hisap) : Menghisap udara pada tekanan konstan, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. campuran bahan bakar udara mengalir ke dalam silinder melalui lubang katup masuk.

$$p_0 = p_1$$

b. Proses 1 – 2 (Kompresi Isentropik) : Semua katup tertutup. Campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder tadi ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Akibatnya, tekanan dan suhu dalam silinder naik menjadi P_2 dan T_2.

$$P_1V_1 = m_m RT_1$$

$$V_1 = V_d + V_c$$

$$\frac{T_2}{T_1} = (\frac{V_1}{V_2})^{k-1} \rightarrow T_2 = T_1(r_c)^{k-1}$$

$$W_{1-2} = \frac{m_m R(T_2 - T_1)}{(1-k)}$$

$$r_c = (V_d + V_c)/V_c$$

$$\frac{P_2}{P_1} = (\frac{V_1}{V_2})^{k} \rightarrow P_2 = P_1(r_c)^{k}$$

Dimana :

P_1 = tekanan pada titik 1 (kPa)

P_2 = tekanan pada titik 2 (kPa)

T_1 = temperatur spesifik pada titik 1 (K)

T_2 = temperatur spesifik pada titik 2 (K)

V_1 = volume pada titik 1 (m^3)

V_2 = volume pada titik 2 (m^3)

$W_{1\text{-}2}$ = kerja pada siklus 1-2 (kJ)

m_m = massa campuran gas di dalam silinder (kg)

r_c = rasio kompresi

$k = c_p / c_v$ = rasio kalor spesifik

c. Proses 2 – 3: Proses penambahan kalor pada volume konstan

$$Q_{2-3} = Q_{in} = m_f Q_{HV} n_c = m_m C_v (T_3 - T_2)$$

$$\frac{p_3}{p_2} = \left(\frac{T_3}{T_2}\right)$$

dan

$$V_2 = V_3 \qquad T_3 = T_{maks} \qquad p_3 = p_{maks}$$

dimana:

C_v = panas jenis gas pada volume konstan (*kJ/kg K*)

P_3 = tekanan pada titik 3 (*kPa*)

Q_{HV} = heating value (*kJ/kg*)

Q_{in} = kalor yang masuk (*kJ*)

T_3 = temperatur pada titik 3 (*K*)

η_c = efisiensi pembakaran

d. Proses 3 – 4 : Ekspansi Isentropik

$$\frac{P_4}{P_3} = (\frac{V_2}{V_4})^k = (\frac{1}{r_c})^k \qquad \frac{T_4}{T_3} = (\frac{V_3}{V_4})^{k-1} = (\frac{1}{r_c})^{k-1}$$

Kerja ekspansi dari titik 3 ke titk 4 dari siklus Otto juga merupakan proses isentropis, persamaannya ditunjukkan sebagai berikut:

$$W_{3-4} = \frac{mR(T_4 - T_3)}{(1-k)}$$

Dimana :

$P_{4\,=}$ tekanan pada titik 4 (kPa)

$T_3 = temperatur\ pada\ titik\ 3\ (K)$

$T_4 = temperatur\ pada\ titik\ 4\ (K)$

$W_{3-4} = kerja\ (kJ)$

$V_3 = volume\ pada\ titik\ 3\ (m^3)$

$V_4 = volume\ pada\ titik\ 4\ (m^3)$

e. Proses 4 – 1: Proses pembuangan kalor pada volume konstan

$$Q_{4\text{-}1} = Q_{out} = m_{m.}c_v(T_1\text{-}T_2)$$

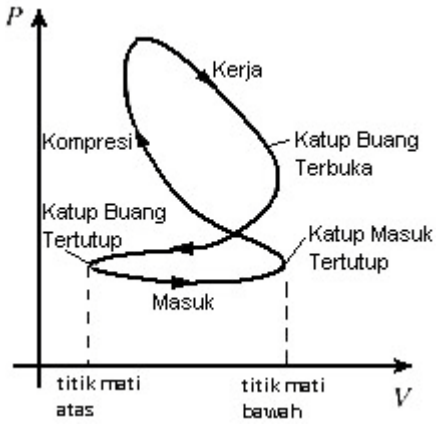
$$\frac{T_3}{T_4} = (\frac{V_4}{V_3})^{k-1} = r^{k-1}$$

$$W_{nett} = W_{1\text{-}2} + W_{3\text{-}4}$$

$$V_4 = V_1$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{nett}}{Q_{in}}$$

3.4. Siklus Aktual



Gambar 3.1. Diagram siklus aktual

Gambar 3.1 adalah gambar siklus aktual dari mesin Otto. Fluida kerjanya adalah campuran bahan bakar – udara, jadi ada proses pembakaran untuk sumber panas. Pada langkah hisap, tekanannya lebih rendah dibandingkan dengan langkah buang. Proses pembakaran dimulai dari penyalaan busi (ignition) sampai akhir pembakaran. Proses kompresi dan ekspasi tidak adiabatis, karena terdapat kerugian panas yang keluar ruang bakar.

3.5. Parameter Performansi Mesin

3.5.1. Tekanan efektif rata – rata (*mep*)

Selama siklus berlangsung, temperatur dan tekanannya selalu berubah – ubah. Oleh karena itu sebaiknya dicari harga tekanan tertentu (konstan) yang apabila mendorong torak sepanjang langkahnya dapat menghasilkan kerja persiklus yang sama dengan siklus yang dianalisis. Tekanan tersebut dinamai "tekanan efektif rata – rata", *mep* ,yang diformulasikan sebagai

$$mep = \frac{W_{nett}}{V_d}$$

dimana:

mep = tekanan efektif rata – rata (kPa)

V_d= volume langkah torak (m^3)

W_{nett} = kerja netto dalam satu siklus (kJ)

3.5.2. Daya Indikator ($\dot{W}_i$)

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder.

$$W_i = \frac{W_{nett} \times N}{n}$$

dimana :

W_I = daya indikasi (kW)

N = putaran mesin (*putaran/detik*)

n = jumlah putaran dalam satu siklus, untuk empat *tak* n = 2 (*putaran/siklus*)

3.5.3. Daya poros ($\dot{W}_b$

Daya yang dihasilkan suatu mesin pada poros keluarannya disebut sebagai daya poros (atau biasa dikenal dengan *brake horse power*) yang dihitung berdasarkan rumusan:

dimana:

$$\dot{W}_b = 2\pi \times N \times \tau$$

$\dot{W}_b$ = daya poros (kW)

N = putaran mesin (*putaran/detik*)

τ = torsi ($N\,m$)

Seperti yang telah diketahui, dari sejumlah gaya yang dihasilkan mesin, maka sebagian darinya dipakai untuk mengatasi gesekan/friksi antara bagian – bagian mesin yang bergerak, sebagian lagi dipakai untuk mengisap udara dan bahan bakar serta mengeluarkannya dalam bentuk gas buang.

3.5.4. Konsumsi bahan bakar (*Sfc*)

Konsumsi bahan bakar didefenisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi persatuan unit daya yang dihasilkan perjam operasi. Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar.

$$sfc = \frac{m_f}{W_b}$$

$$m_f = \frac{m_f \times N \times jumlah\ silinder}{n}$$

Dimana :

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kw-h)

$m_a = massa\ udara\ (kg)$

$m_f = massa\ bahan\ bakar$(kg)

3.5.5. Efisiensi termal

Efisiensi termal suatu mesin didefenisikan sebagai perbandingan antara energi keluaran dengan energi kimia yang masuk yang dikandung bahan bakar dalam bentuk bahn bakar yang dihisap ke dalam ruang bakar. Efisiensi termal sesuai defenisinya merupakan parameter untuk mengukur efisiensi bahan bakar.

$$\eta_{th} = 1 - (T_1/T_2)$$

dimana:

η_{th}= efisiensi termal

3.5.6. Efisiensi mekanis

Besarnya kerugian daya diperhitungkan dalam efisiensi mekanis yang dirumuskan sebagai berikut:

$$n_m = W_b / W_i$$

η_m = efisiensi mekanis

3.5.7. Efisiensi volumetrik

Efisiensi ini didefenisikan sebagai perbandingan antara massa udara yang masuk karena dihisap torak pada langkah hisap dan massa udara pada tekanan dan temperatur atmosfir yang dapat dihisap masuk kedalam volume sapuan yang sama.

$$n_v = m_a / (p_a \times V_d)$$

Dimana:

η_v= efisiensi volumetrik

ρ_a= massa jenis udara (kg/m^3)

3.6. Langkah-langkah Penelitian

Agar penelitian ini berjalan lebih terarah dan mendapatkan hasil yang baik dan benar, maka langkah-langkah yang harus dilakukan dari awal hingga akhir adalah:

1. Menyiapkan dua tipe injektor yang memiliki lubang berbeda

Gambar 3.1 Menunjukan dua tipe injektor yang berbeda lubang

2. Melakukan pengujian kabut ke dua injektor yang berbeda lubang

Gambar 3.2 Alat uji pengkabutan ke dua tipe injektor

3. Melakukan pengujian ECU *(Elektronic Control Unit*) terhadap ke dua injector

Gambar 3.3 Alat scanner untuk pengujian ECU terhadap kedua injektor

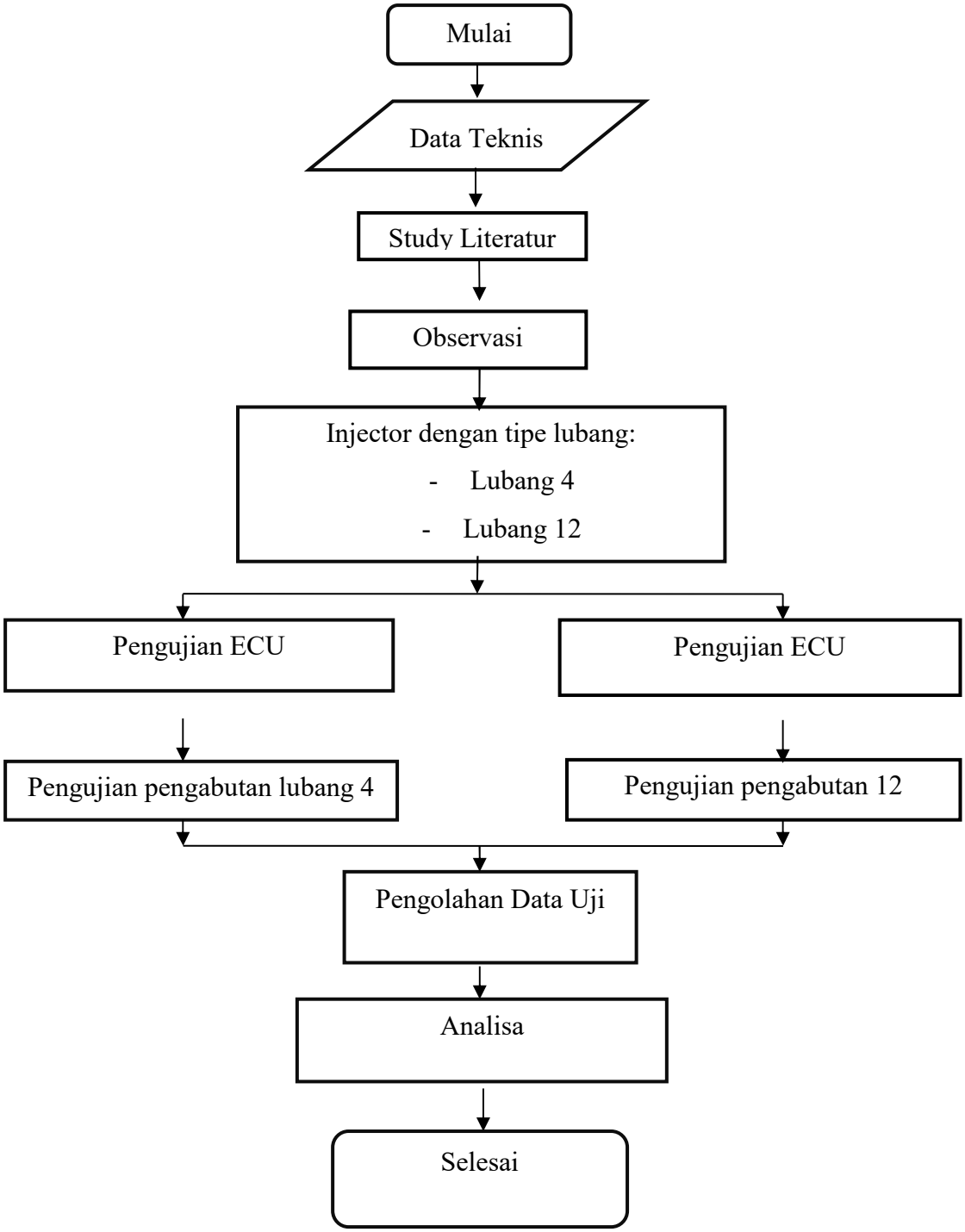
Pada penelitian ini,peneliti menyiapkan dua tipe injektor yang berbedaan lubang,lubang 4 dan lubang 12. Setelah itu peneliti melakukan pembersihan lubang ke dua injektor dengan menggunakan cairan ultra sonic, sebelum peneliti memasukan kedua injektor dengan lubang yang berbeda ke alat injector cleaner untuk melihat hasil pengabutan antara lubang 4 dan lubang 12. Selanjutnya dilakukan pengecekan pengkabutan kedua injektor tersebut.

Langkah berikutnya, peneliti memasang injektor lubang 4 pada mobil yang telah disediakan , untuk dilakukan uji scanner terhadap kinerja injektor pada mobil. Berdasarkan hasil uji scanner terhadap injektor tersebut didapatkan data konsumsi bahan bakar. Setelah selesai melakukan pengambilan data konsumsi bahan bakar di injektor lubang 4,peneliti melakukan pengaplikasian injektor lubang 12 terhadap mobil yang sama. Untuk melakukan pengambilan data konsumsi bahan bakar dengan menggunakan injektor lubang 12.

Data yang didapat dari hasil uji scanner pada kedua injektor,kemudian dihitung kembali untuk melihat hasil efisiensi pengaplikasian kedua injektor tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan data dari pengaplikasian injektor lubang 4 ke lubang 12 menunjukan bahwa injektor lubang 12 lebih efisien di bandingkan injektor lubang 4. Hal ini di karenakan pengaplikasian pada injektor lubang 12, memperlihatkan hasil pengkabutan bahan bakarnya yang lebih halus dibandingkan dengan injektor lubang 4.

3.7. Diagram alur penelitian

Proses penelitian juga ditulis dalam bentuk flow chart sebagai berikut :



Berdasarkan diagram alur diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.8. Parameter Pengujian

1) Mulai dengan persedian injektor sebagai alat pengujian
2) Studi literatur berbagai sumber sebagai referensi
3) Persiapan alat uji untuk mengetahui pengabutan injektor
4) Pengujian ECU
5) Analisis data
6) Selesainya tahap-tahapan diatas barulah dapat disimpulkan

BAB IV
PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

4.1 Data Hasil Penelitian

Mobil innova tahun 2006/2007 yang digunakan sebagai alat uji yang dirancang untuk mobil transportasi. Mesin ini menggunakan sistem injeksi yang dimana konsumsi bahan bakar nya di atur oleh EFI *(Electric Fuel Injection*) dan ECU (*Engine Control Unit*) .

4.2 Spesifikasi Data Alat uji

Untuk menghitung pengaruh efisiensi dan daya mesin data-data sebagai berikut :

4.2.1. Data Engine 2006

1. Tipe Mesin : *1 TR-FE,4 cylinder in line,16 Valve,DOHC,VVT-I*
2. Sistem : EFI *(Electronic fuel injection*)
3. Displacement : 1.998 *cc*
4. Compresi ratio : 10
5. Daya Maksimum : 136 Hp/5600Rpm
6. Torsi Maksimum : 182Nm/4000Rpm
7. Bahan Bakar : *Pertamax*
8. Sistem injeksi : *Open loop*

4.2.2. Data Engine 2007

1. Jumlah Silinder *: 1 TR-FE,4 cylinder in line,16Valve,DOHC ,VVT-I*
2. Sistem : EFI *(Electronic fuel injection*)
3. Displacement : 1.998 *cc*
4. Compresi ratio : 10
5. Daya Maksimum : 136 Hp/5600Rpm
6. Torsi Maksimum : 182Nm/4000Rpm
7. Bahan Bakar : *Pertamax*
8. Sistem injeksi : *Closed loop*
9. *Catalytic converter*
10. *Oxygen sensor*
11. *Charcoal canisfer*

4.3 Alat-alat Yang Di Perlukan Untuk Tahap Pembongkaran Injektor

1. Kunci ring pas 10
2. Kunci ring pas 12
3. Kunci sok 10
4. Kunci sok 12
5. Tangkai sok + Sambungan Pendek
6. Tang
7. Obeng bunga + Obeng min

4.4 Tahap Pembongkaran Injektor

1. Membuka saringan udara

   Membuka 2 baut yang berukuran 10 mm yang terdapat di atas tutup klep sebagai penahan selang saringan udara,kemudian membuka 2 cekak,1 yang berada di bagian *throtole body* dan 1 lagi di bagian tabung saringan udara.

2. Membuka *throtole body*

   Sebelum membuka *throtole body* lepaskan terlebih dahulu soket sensor ETCS (*Electronic Throtole Control System*).

   Kemudian kita lepaskan 2 baut yang berukuran 10 mm dan 2 mur yang berukuran 10 mm sebagai pengikat *throtole body.*

3. Membuka *delivery pipe* bahan bakar

   Terdapat 2 baut berukuran 12 mm yang mengikat *delivery pipe*,buka 2 baut tersebut dan kita telah selesai melakukan tahap pembongkaran injektor

Tabel : 4.1 Data Hasil Penelitian Injektor Lubang 4 Pada Ruang Bakar

No	RPM	Wi (kw) lubang 4	Wb (kw)lubang 4	Sfc (gr/kw.-h) lubang 4	nm lubang 4
1	800	37,76	2,32	1470,02	6,13
2	855	40,36	2,65	1375,46	6,55
3	905	42,72	2,96	1299,47	6,94
4	955	45,08	3,30	1231,43	7,32
5	1003	47,34	3,64	1172,50	7,69
6	1053	49,70	4,01	1116,83	8,07
7	1103	52,06	4,40	1066,20	8,46
8	1145	54,05	4,74	1027,09	8,78
9	1202	56,74	5,23	978,39	9,21
10	1253	59,14	5,68	938,56	9,60
11	1305	61,60	6,16	901,16	10,00
12	1356	64,01	6,65	867,27	10,39
13	1401	66,13	7,10	839,41	10,74
14	1454	68,63	7,65	808,82	11,15
15	1499	70,76	8,13	784,54	11,49
16	1551	73,21	8,70	758,23	11,89
17	1602	75,62	9,29	734,09	12,28
18	1657	78,21	9,93	709,73	12,70
19	1710	80,72	10,58	687,73	13,11
20	1764	83,26	11,26	666,68	13,52
21	1814	85,62	11,91	648,30	13,91
22	1866	88,08	12,60	630,24	14,30
23	1916	90,44	13,28	613,79	14,69
24	1969	92,94	14,03	597,27	15,09
25	2024	95,54	14,82	581,04	15,52
26	2079	98,13	15,64	565,67	15,94
27	2131	100,59	16,43	551,86	16,34
28	2182	103,00	17,23	538,96	16,73
29	2237	105,59	18,11	525,71	17,15

30	2290	108,09	18,97	513,55	17,55
31	2340	110,45	19,81	502,57	17,94
32	2393	112,95	20,72	491,44	18,34
33	2447	115,50	21,67	480,60	18,76
34	2498	117,91	22,58	470,78	19,15
35	2548	120,27	23,49	461,55	19,53
36	2603	122,87	24,52	451,79	19,95
37	2655	125,32	25,51	442,95	20,35
38	2710	127,92	26,57	433,96	20,77
39	2764	130,47	27,64	425,48	21,19
40	2819	133,06	28,75	417,18	21,61
41	2871	135,52	29,82	409,62	22,01
42	2921	137,88	30,87	402,61	22,39
43	2973	140,33	31,98	395,57	22,79
44	3028	142,93	33,18	388,38	23,21
45	3080	145,38	34,32	381,82	23,61
46	3130	147,74	35,45	375,73	23,99
47	3184	150,29	36,68	369,35	24,41
48	3239	152,89	37,96	363,08	24,83
49	3294	155,48	39,26	357,02	25,25
50	3349	158,08	40,58	351,16	25,67
51	3401	160,53	41,85	345,79	26,07
52	3455	163,08	43,19	340,38	26,48
53	3506	165,49	44,48	335,43	26,88
54	3561	168,09	45,88	330,25	27,30
55	3615	170,64	47,29	325,32	27,71
56	3667	173,09	48,66	320,70	28,11
57	3722	175,69	50,13	315,96	28,53
58	3775	178,19	51,56	311,53	28,94
59	3825	180,55	52,94	307,46	29,32
60	3880	183,14	54,47	303,10	29,74

61	3934	185,69	56,00	298,94	30,16
62	3989	188,29	57,58	294,82	30,58
63	4044	190,89	59,17	290,81	31,00

Tabel : 4.2 Data Hasil Penelitian Injektor Lubang 12 Pada Ruang Bakar

No	RPM	Wi(kw) Lubang 12	Wb(kw) Lubang 12	Sfc Lubang 12 (gr/kw.-h)	Nm Lubang 12
1	800	22,52	2,31	1269,75	10,25
2	851	23,96	2,61	1193,65	10,90
3	902	25,40	2,93	1126,16	11,55
4	949	26,72	3,25	1070,39	12,16
5	1002	28,21	3,62	1013,77	12,83
6	1053	29,65	4,00	964,67	13,49
7	1103	31,06	4,39	920,94	14,13
8	1145	32,24	4,73	887,16	14,67
9	1202	33,84	5,21	845,09	15,40
10	1253	35,28	5,66	810,69	16,05
11	1305	36,74	6,14	778,39	16,72
12	1356	38,18	6,63	749,11	17,37
13	1401	39,45	7,08	725,05	17,95
14	1454	40,94	7,62	698,62	18,62
15	1499	42,21	8,10	677,65	19,20
16	1551	43,67	8,68	654,93	19,87
17	1602	45,11	9,26	634,08	20,52
18	1654	46,57	9,87	614,15	21,19
19	1708	48,09	10,52	594,73	21,88
20	1758	49,50	11,15	577,82	22,52
21	1810	50,96	11,82	561,21	23,18
22	1863	52,45	12,52	545,25	23,86
23	1913	53,86	13,20	531,00	24,50
24	1967	55,38	13,95	516,42	25,20

25	2022	56,93	14,75	502,37	25,90
26	2073	58,37	15,50	490,01	26,55
27	2123	59,77	16,25	478,47	27,19
28	2178	61,32	17,11	466,39	27,90
29	2230	62,79	17,93	455,52	28,56
30	2281	64,22	18,76	445,33	29,22
31	2331	65,63	19,60	435,78	29,86
32	2382	67,07	20,46	426,45	30,51
33	2437	68,62	21,42	416,82	31,22
34	2487	70,02	22,31	408,44	31,86
35	2542	71,57	23,30	399,61	32,56
36	2592	72,98	24,23	391,90	33,20
37	2647	74,53	25,27	383,75	33,91
38	2698	75,96	26,25	376,50	34,56
39	2751	77,46	27,29	369,25	35,24
40	2804	78,95	28,36	362,27	35,92
41	2858	80,47	29,46	355,42	36,61
42	2909	81,90	30,52	349,19	37,26
43	2964	83,45	31,68	342,71	37,97
44	3016	84,92	32,81	336,80	38,63
45	3070	86,44	33,99	330,88	39,32
46	3120	87,85	35,11	325,58	39,96
47	3170	89,25	36,24	320,44	40,61
48	3224	90,77	37,49	315,07	41,30
49	3279	92,32	38,78	309,79	42,00
50	3331	93,79	40,02	304,95	42,67
51	3384	95,28	41,30	300,18	43,35
52	3434	96,69	42,53	295,81	43,99
53	3489	98,24	43,90	291,14	44,69
54	3541	99,70	45,22	286,87	45,36
55	3594	101,19	46,58	282,64	46,04

56	3649	102,74	48,02	278,38	46,74
57	3699	104,15	49,35	274,61	47,38
58	3749	105,56	50,69	270,95	48,02
59	3804	107,10	52,19	267,03	48,73
60	3856	108,57	53,62	263,43	49,39
61	3906	109,98	55,02	260,06	50,03
62	3960	111,50	56,56	256,51	50,72
63	4010	112,90	57,99	253,32	51,36

4.5 Analisa Termodinamika lubang 4

Proses 0 – 1 : *Langkah hisap*, tekanan konstan, katup buang tertutup sedangkan katup masuk terbuka. Udara dianggap sebagai gas ideal. Udara dihisap masuk ke silinder dengan tekanan 102 *kPa* pada temperatur 60,6°*C* atau 333,75 *K*, maka :

$P_0 = P_1 = 102\ kPa$

$T_1 = 333{,}75\ k$

$r_c = 10$

$B = 8{,}6\ cm$

S = 8,6 cm

R = 0,287 Kj/Kg-k

C_V = 0,718 Kj/Kg-k

Volume langkah:

Merupakan volume dari langkah torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA). Kapasitas 4 silinder adalah 1998 *cc,*maka volume langkah untuk satu silinder.

$$V_d = \frac{1998}{4}$$

$$V_d = 499{,}5\ cc \div (1 \times 10^6) m^3$$

$$V_d = 0{,}0004995\ m^3$$

Volume sisa :

Didefenisikan sebagai volume minimum silinder pada saat torak berada di titik mati atas (TMA). Dengan rasio kompresi sebesar 10 dan volume langkah sebesar 0,0004995 m^3 maka besarnya volume sisa:

$$V_c = \frac{V_d}{r-1}$$

$$= \frac{0{,}0004995\ m^3}{10-1}$$

$$V_C = 0{,}0000555\ m^3$$

Volume pada titik 1:

Merupakan hasil penjumlahan volume langkah (V_d) dengan volume sisa (V_c).

$$V_1 = V_d + V_c$$

$$= 0{,}0004995\ m^3 + 0{,}0000555\ m^3$$

$$V_1 = 0{,}0005550\ m^3$$

Massa campuran bahan bakar dan udara:

Dengan tekanan 102 *kPa* dan volume silinder 0,0005550 m^3 pada temperatur 333,75 *K*, massa campuran bahan bakar dan udara adalah :

$$M_m = \frac{P_1 \times V_1}{R \times T_1}$$

$$= \frac{102 \times 0{,}0005550\ m^3}{0{,}287 \times 333{,}75}$$

$$M_m = 0{,}00059\ Kg$$

Massa udara pembakaran dan massa bahan bakar :

Sejumlah udara dihisap masuk ke dalam silinder dengan perbandingan 15:16 terhadap bahan bakar pada tekanan konstan. Udara mengisi ruangan silinder yang bertambah besar seiring bergeraknya torak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Untuk 1 *kg* bahan bakar diperlukan 16 *kg* udara dengan massa campuran (m_m) sebesar 0,00059 *kg*,maka besarnya massa udara dan massa bahan bakar adalah:

$$M_a = \left(\frac{15}{16}\right) \times 0{,}96 \times 0{,}00059\ Kg = 0{,}0005319\ Kg$$

$$M_f = \left(\frac{1}{16}\right) \times 0{,}96 \times 0{,}00059\ Kg = 0{,}00003546\ Kg$$

Densitas Udara (ρ_a)

Tekanan dan temperatur udara sekitar mesin dapat digunakan untuk mencari densitas udara dengan persamaan matematika sebagai berikut:

$$P_a = \frac{P_1}{R \times T_1} = \frac{102}{0{,}287\ \times 333{,}75} = 1{,}0649\ kg/m^3$$

Proses 1 – 2 : *Langkah kompresi isentropik*, semua katup tertutup. Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA).

Tekanan pada titik 2 :

Campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Akibatnya, tekanan dalam silinder naik menjadi P_2.

$$P_2 = P_1(r_c) = 102 \times (10)^{1{,}4} = 2562{,}1242\ kpa$$

Temperatur pada titik 2:

Campuran bahan bakar dan udara yang dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA) juga mengakibatkan suhu dalam silinder naik menjadi T_2.

$$T_2 = T_1(r_c)^{k-1} = 333{,}75 \times (10)^{1{,}4-1} = 838\ k$$

Volume pada titik 2

$$V_2 = \frac{M_m \times R \times T_2}{P_2} = \frac{0{,}00059 \times 0{,}287 \times 838}{2562{,}1242} = 0{,}0000555\ m^3$$

$$V_2 = V_c$$

Kerja persiklus 1 – 2:

Kerja yang diserap selama langkah kompresi isentropik untuk satu silinder dalam satu siklus adalah sebagai berikut:

$$W_{1-2} = \frac{M_m \times R(T_2 - T_1)}{1 - K} = \frac{0{,}00059 \times 0{,}287(838 - 333{,}75)}{1 - 1{,}4}$$

$$= -0{,}214\ kg$$

Proses 2 – 3: *Penambahan kalor pada volume konstan*.

Kalor masuk :

Bahan bakar yang digunakan adalah PERTAMAX dengan nilai kalori bahan bakar 46000 *kJ/kg* dan diasumsikan terjadi pembakaran sempurna, n_c=1

$$Q_{in} = M_f \times Q_{HV} \times n_c = 0{,}00003546 \times 46000 \times 1 = 1{,}6312\ Kj.$$

Temperatur pada titik 3:

Dengan menggunakan persamaan matematika, maka T_3 dapat diketahui ;

$$T_3 = \frac{Q_{in} + M_m . C_v . T_2}{M_m . C_v}$$

$$T_3 = \frac{1{,}6312 + 0{,}00059 \times 0{,}718 \times 838}{0{,}00059 \times 0{,}718} = 4682\ k$$

Volume pada titik 3:

Dari diagram P-v siklus Otto ideal dapat dilihat bahwa V_3 sama dengan V_2.

$$V_3 = V_2 = 0{,}0000555 m^3$$

Tekanan pada titik 3:

Seiring dengan bertambahnya temperatur selama siklus tertutup volume konstan, maka bertambah pula tekanan di dalam silinder.

$$P_3 = P_2 \left(\frac{T_3}{T_2}\right) = 2562{,}1242 \left(\frac{4682}{838}\right) = 14310{,}113\ kpa$$

Tekanan tersebut merupakan tekanan maksimum siklus.

$$P_3 = P\ maksimum$$

Proses 3 – 4: *Langkah Ekspansi isentropik Temperatur pada titik 4*:

Setelah torak mencapai titik mati bawah (TMB) sejumlah kalor dikeluarkan dari dalam silinder sehingga temperatur fluida kerja akan turun menjadi T_4.

$$T_4 = T_3(\frac{1}{r_c})^{k-1} = 4682\ (\frac{1}{10})^{1,4-1} = 1864\ k$$

Tekanan pada titik 4:

Begitu juga dengan tekanan di dalam silinder, mengalami penurunan menjadi P_4.

$$P_4 = P_3(\frac{1}{r_c})^{k} = 14310{,}113\ (\frac{1}{10})^{1,4} = 569{,}6959\ kpa$$

Volume pada titik 4:

Dari diagram P-v siklus ideal Otto dapat dilihat bahwa V_4 sama dengan V_1.

$$V_4 = V_1 = 0{,}0005550 m^3$$

Kerja persiklus 3 –4:

Tekanan tinggi yang disertai pembakaran di dalam silinder, membuat piston terdorong kembali ke titik mati bawah (TMB). Gerakan piston tersebut menghasilkan kerja sebesar W_{3-4}.

$$W_{3-4} = \frac{M_m \times R(T_2 - T_3)}{1 - k}$$

$$W_{3-4} = \frac{0{,}00059 \times 0{,}287\ (838 - 4682)}{1 - 1{,}4} = 1{,}63\ kj$$

P**roses 4 – 1**: Proses pembuangan kalor pada volume konstan

Kalor yang dibuang :

Pada saat torak mencapai titik mati bawah (TMB) kalor dibuang sebesar Q_{4-1}.

$$Q_{4-1} = Q_{out} = M_m \times C_v(T_1 - T_4)$$
$$= 0{,}00059 \times 0{,}718(333{,}75 - 1864) = -0{,}649380\ kj$$

Kerja Satu Siklus

Kerja yang dihasilkan dari satu siklus termodinamika adalah sebagai berikut:

$$W_{nett} = W_{1-2} + W_{3-4} = (-0{,}214) + 1{,}63 = 1{,}4161\ kj$$

4.6 Parameter Performansi Mesin Injector Lubang 4

4.6.1 Parameter Performasi Mesin 2447 RPM

Tekanan efektif rata – rata

Didefenisikan sebagai suatu tekanan yang dibayangkan bekerja pada permukaan piston pada langkah kerja, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Mep = \frac{W_{nett}}{V_d}$$

Dengan nilai W_{nett} = 1,4161 kj dan besarnya volume langkah(V_d) maka besarnya tekanan efektif rata – rata adalah:

$$Mep = \frac{1{,}4161}{0{,}0004995} = 2834{,}9624\ kpa$$

Daya indikator

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder.

Besarnya harga daya indikator (Wi) pada putaran 2447 RPM pada lubang 4 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W_i = \frac{W_{nett} \times N}{n} = \frac{1{,}4161 \times {}^{2447}/_{60}}{2} = 28{,}876\ kw$$

Untuk 4 silinder $= 4 \times 28{,}876\ kw$

$$W_i = 115{,}50\ kw$$

Daya poros

Daya yang dihasilkan suatu mesin pada poros keluarannya disebut sebagai daya poros (atau biasa dikenal dengan sebutan *brake horse power*), dengan besar torsi 84,5

$$W_b = 2\pi \times N \times T = 2\pi \times 2447/60 \times 84{,}5 = 21{,}67kw$$

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Sfc*)

Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar. Laju aliran bahan bakar sebesar 0,00059 dan daya poros sebesar 21,67 *kW*, maka konsumsi bahan bakar spesifik pada putaran 2447 RPM pada lubang 4 diperoleh sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{M_f}{W_b} = \frac{0{,}00059 \times 2447/60 \times 0{,}5 \times 4}{21{,}67}$$

$$= 480{,}60\ gr/kw - h$$

Efisiensi thermal

Efisiensi ini merupakan indikasi sesungguhnya dari konversi input termodinamika menjadi kerja mekanis.

$$n_{th} = \frac{W_{nett}}{Q_{in}} = \frac{1{,}4161}{1{,}6312} = 0{,}8681 = 86{,}81\%$$

Efisiensi mekanis

Merupakan perbandingan antara daya poros dengan daya indikator. Dengan daya poros sebesar 21,67 *kW* dan daya indikator sebesar $115{,}50$ *kW*, maka besarnya efisiensi mekanis dapat diketahui dengan persamaan matematika sebagai berikut:

$$n_m = \frac{W_b}{W_i} = \frac{21{,}67}{115{,}50} = 0{,}1876 = 18{,}76\%$$

Efiisiensi volumetrik

Merupakan indikasi sejauh mana volume sapuan (*swept volume*) mesin tersebut dapat terisi fluida kerja. Dengan massa udara sebesar 0,0005319 *kg*, densitas udara 1,0649 *kg/m*^{3}, dan besar volume langkah 0,0004995 *m*^{3}, maka efisiensi volumetrik dapat dihitung dengan rumusan matematika sebagai berikut :

$$n_v = \frac{M_a}{P_a \,.\, V_d} = \frac{0{,}0005319}{1{,}0649 \ \times \ 0{,}0004995} = 0{,}9999 = 99{,}99\%$$

4.7 Analisa Termodinamika lubang 12

Proses 0 – 1 : *Langkah hisap*, tekanan konstan, katup buang tertutup sedangkan katup masuk terbuka. Udara dianggap sebagai gas ideal. Udara dihisap masuk ke silinder dengan tekanan 86 *kPa* pada temperatur 53,7°*C* atau 326,85 *K*, maka :

$P_0 = P_1 = 86\ kPa$

$T_1 = 326{,}85\ k$

$r_c = 10$

$B = 8{,}6\ cm$

S = 8,6 cm

R = 0,287 Kj/Kg-k

Cv = 0,718 Kj/Kg-k

Volume langkah:

Merupakan volume dari langkah torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA). Dengan ratio kompresi sebesar 10 dan volume langkah sebesar 0,0004995 m^3 maka besarnya volume sisa adalah

$$V_d = \frac{1998}{4}$$

$$V_d = 499{,}5\ cc \div (1 \times 10^6) m^3$$

$$V_d = 0{,}0004995\ m^3$$

Volume sisa :

Didefenisikan sebagai volume minimum silinder pada saat torak berada di titik mati atas (TMA). Dengan rasio kompresi sebesar 10 dan volume langkah sebesar 0,0004995 m^3 maka besarnya volume sisa:

$$V_c = \frac{V_d}{r-1}$$

$$= \frac{0{,}0004995\ m^3}{10-1}$$

$$V_C = 0{,}0000555\ m^3$$

Volume pada titik 1:

Merupakan hasil penjumlahan volume langkah (V_d) dengan volume sisa (V_c).

$$V_1 = V_d + V_c$$

$$= 0{,}0004995\ m^3 + 0{,}0000555\ m^3$$

$$V_1 = 0{,}0005550\ m^3$$

Massa campuran bahan bakar dan udara:

Dengan tekanan 86 *kPa* dan volume silinder 0,0005550 m^3 pada temperatur 326,85 *K*, massa campuran bahan bakar dan udara adalah :

$$M_m = \frac{P_1 \times V_1}{R \times T_1}$$

$$= \frac{86 \times 0{,}0005550\ m^3}{0{,}287 \times 326{,}85}$$

$$M_m = 0{,}00051 Kg$$

Massa udara pembakaran dan massa bahan bakar. :

Sejumlah udara dihisap masuk ke dalam silinder dengan perbandingan 15:16 terhadap bahan bakar pada tekanan konstan. Udara mengisi ruangan silinder yang bertambah besar seiring bergeraknya torak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Untuk 1 *kg* bahan bakar diperlukan 16 *kg* udara dengan massa campuran (m_m) sebesar 0,00051 *kg,* maka besarnya massa udara dan massa bahan bakar adalah:

$$M_a = \left(\frac{15}{16}\right) \times 0{,}96 \times 0{,}00051\ Kg = 0{,}0004579\ Kg$$

$$M_f = \left(\frac{1}{16}\right) \times 1 \times 0{,}00051\ Kg = 0{,}00003053\ Kg$$

Densitas Udara (ρ_a)

Tekanan dan temperatur udara sekitar mesin dapat digunakan untuk mencari densitas udara dengan persamaan matematika sebagai berikut:

$$P_a = \frac{P_1}{R \times T_1} = \frac{86}{0{,}287\ \times 326{,}85} = 0{,}9168\ kg/m^3$$

Proses 1 – 2 : *Langkah kompresi isentropik*, semua katup tertutup. Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA).

Tekanan pada titik 2 :

Campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder ditekan dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA). Akibatnya, tekanan dalam silinder naik menjadi P_2.

$$P_2 = P_1(r_c) = 86 \times (10)^{1{,}4} = 2160{,}2223\ kpa$$

Temperatur pada titik 2:

Campuran bahan bakar dan udara yang dimampatkan oleh torak yang bergerak ke titik mati atas (TMA) juga mengakibatkan suhu dalam silinder naik menjadi T_2.

$$T_2 = T_1(r_c)^{k-1} = 326{,}85 \times (10)^{1{,}4-1} = 821\ k$$

Volume pada titik 2

$$V_2 = \frac{M_m \times R \times T_2}{P_2} = \frac{0{,}00051 \times 0{,}287 \times 821}{2160{,}2223} = 0{,}0000555\ m^3$$

$$V_2 = V_c$$

Kerja persiklus 1 – 2:

Kerja yang diserap selama langkah kompresi isentropik untuk satu silinder dalam satu siklus adalah sebagai berikut:

$$W_{1-2} = \frac{M_m \times R(T_2 - T_1)}{1 - K} = \frac{0{,}00051 \times 0{,}287(821 - 326{,}85)}{1 - 1{,}4} = -0{,}180\ kg$$

Proses 2 – 3: *Penambahan kalor pada volume konstan*.

Kalor masuk :

Bahan bakar yang digunakan adalah PERTAMAX dengan nilai kalori bahan bakar 46000 *kJ/kg* dan diasumsikan terjadi pembakaran sempurna, η_c=1

$$Q_{in} = M_f \times Q_{HV} \times n_c = 0{,}00003053 \times 46000 \times 1 = 1{,}4043\ Kj.$$

Temperatur pada titik 3:

Dengan menggunakan persamaan matematika, maka T_3 dapat diketahui ;

$$T_3 = \frac{Q_{in} + M_m . C_v . T_2}{M_m . C_v}$$

$$T_3 = \frac{1{,}4043 + 0{,}00051 \times 0{,}718 \times 821}{0{,}00051 \times 0{,}718} = 4665\ k$$

Volume pada titik 3:

Dari diagram P-v siklus Otto ideal dapat dilihat bahwa V_3 sama dengan V_2.

$$V_3 = V_2 = 0{,}0000555\ m^3$$

Tekanan pada titik 3:

Seiring dengan bertambahnya temperatur selama siklus tertutup volume konstan, maka bertambah pula tekanan di dalam silinder.

$$P_3 = P_2 \left(\frac{T_3}{T_2}\right) = 2160{,}2223 \left(\frac{4665}{821}\right) = 12274{,}494\ kpa$$

Tekanan tersebut merupakan tekanan maksimum siklus.

$$P_3 = P\ maksimum$$

Proses 3 – 4: *Langkah Ekspansi isentropik Temperatur pada titik 4*:

Setelah torak mencapai titik mati bawah (TMB) sejumlah kalor dikeluarkan dari dalam silinder sehingga temperatur fluida kerja akan turun menjadi T_4.

$$T_4 = T_3(\frac{1}{r_c})^{k-1} = 4665\ (\frac{1}{10})^{1,4-1} = 1857\ k$$

Tekanan pada titik 4:

Begitu juga dengan tekanan di dalam silinder, mengalami penurunan menjadi P_4.

$$P_4 = P_3(\frac{1}{r_c})^{k} = 12897{,}241\ (\frac{1}{10})^{1,4} = 488{,}6564\ kpa$$

Volume pada titik 4:

Dari diagram P-v siklus ideal Otto dapat dilihat bahwa V_4 sama dengan V_1.

$$V_4 = V_1 = 0{,}0005550\ m^3$$

Kerja persiklus 3 –4:

Tekanan tinggi yang disertai pembakaran di dalam silinder, membuat piston terdorong kembali ke titik mati bawah (TMB). Gerakan piston tersebut menghasilkan kerja sebesar W_{3-4}.

$$W_{3-4} = \frac{M_m \times R(T_2 - T_3)}{1-k}$$

$$W_{3-4} = \frac{0{,}00051 \times 0{,}287\ (821 - 4665)}{1 - 1{,}4} = 1{,}03\ kj$$

P**roses 4 – 1**: Proses pembuangan kalor pada volume konstan

Kalor yang dibuang :

Pada saat torak mencapai titik mati bawah (TMB) kalor dibuang sebesar Q_{4-1}

$$Q_{4-1} = Q_{out} = M_m \times C_v(T_1 - T_4)$$

$$= 0{,}00051 \times 0{,}718(326{,}85 - 1857) = -0{,}559075\ kj$$

Kerja Satu Siklus

Kerja yang dihasilkan dari satu siklus termodinamika adalah sebagai berikut:

$$W_{nett} = W_{1-2} + W_{3-4} = (-0{,}180) + 1{,}03 = 0{,}8447\ kj$$

4.8 Parameter Performasi Mesin Injector Lubang 12

4.8.1. Parameter Performasi Mesin 2437 RPM

Tekanan efektif rata – rata

Didefenisikan sebagai suatu tekanan yang dibayangkan bekerja pada permukaan piston pada langkah kerja, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Mep = \frac{W_{nett}}{V_d}$$

Dengan nilai W_{nett} = 0,8447 kj dan besarnya volume langkah (V_d) =0,0004995 m^3 maka besarnya tekanan efektif rata – rata adalah:

$$Mep = \frac{0{,}8447}{0{,}0004995} = 1691{,}029829\ kpa$$

Daya indikator

Merupakan daya yang dihasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder.

Besarnya harga daya indikator (Wi) pada putaran 2437 RPM pada lubang aplikasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W_i = \frac{W_{nett} \times N}{n} = \frac{0{,}8447 \times {}^{2437}/_{60}}{2} = 17{,}15\ kw$$

Untuk 4 silinder $= 4 \times 17{,}15\ kw$

$$W_i = 68{,}62\ kw$$

Daya poros

Daya yang dihasilkan suatu mesin pada poros keluarannya disebut sebagai daya poros (atau biasa dikenal dengan sebutan *brake horse power*), dengan besar torsi 83,9.

$$W_b = 2\pi \times N \times T = 2\pi \times 2437/60 \times 83{,}9 = 21{,}42\ kw$$

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Sfc*)

Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar. Laju aliran

bahan bakar sebesar dan daya poros sebesar 21,42 *kW*, maka konsumsi bahan bakar spesifik pada putaran 2060 RPM pada lubang 12 diperoleh sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{M_f}{W_b} = \frac{0{,}00003053 \times 2437/60 \times 0{,}5 \times 4}{21{,}42}$$

$$= 416{,}82\ gr/kw - h$$

Efisiensi thermal

Efisiensi ini merupakan indikasi sesungguhnya dari konversi input termodinamika menjadi kerja mekanis.

$$n_{th} = \frac{W_{nett}}{Q_{in}} = \frac{0{,}8447}{1{,}4043} = 0{,}6014 = 60{,}14\%$$

Efisiensi mekanis

Merupakan perbandingan antara daya poros dengan daya indikator. Dengan daya poros sebesar 1,2736 *kW* dan daya indikator sebesar 0,97744 *kW*, maka besarnya efisiensi mekanis dapat diketahui dengan persamaan matematika sebagai berikut:

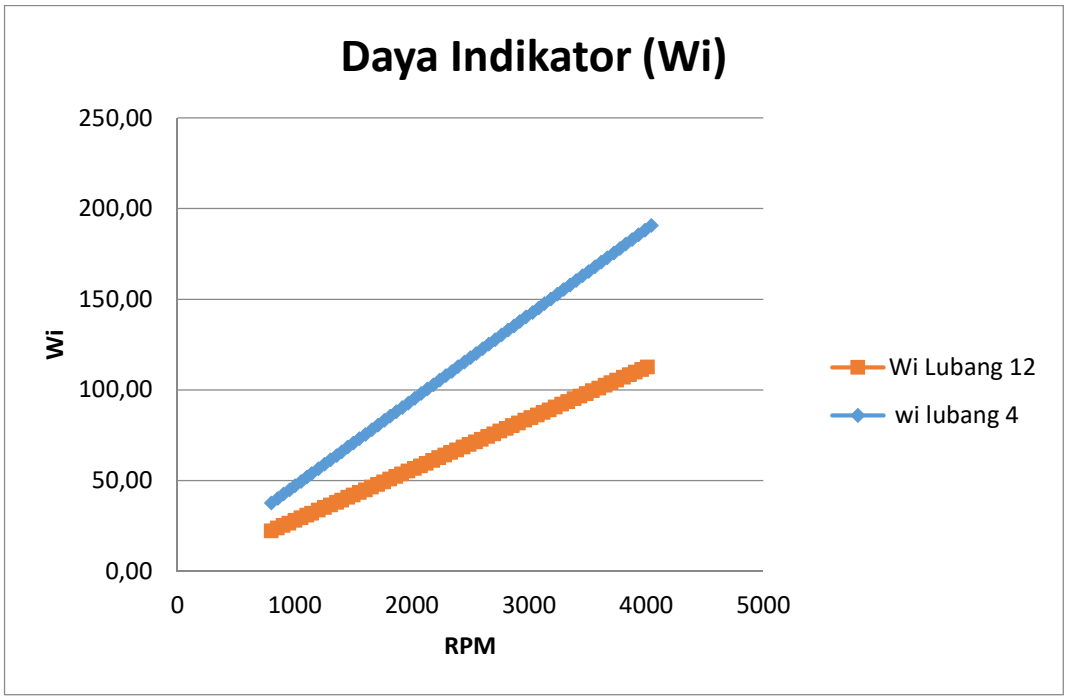
$$n_m = \frac{W_b}{W_i} = \frac{21{,}42}{68{,}62} = 0.3121 = 31{,}21\%$$

Efiisiensi volumetrik

Merupakan indikasi sejauh mana volume sapuan (*swept volume*) mesin tersebut dapat terisi fluida kerja. Dengan massa udara sebesar 0,0004528 *kg*, densitas udara 0,9168 *kg/m*^{3}, dan besar volume langkah 0,0004995 *m*^{3}, maka efisiensi volumetrik dapat dihitung dengan rumusan matematika sebagai berikut :

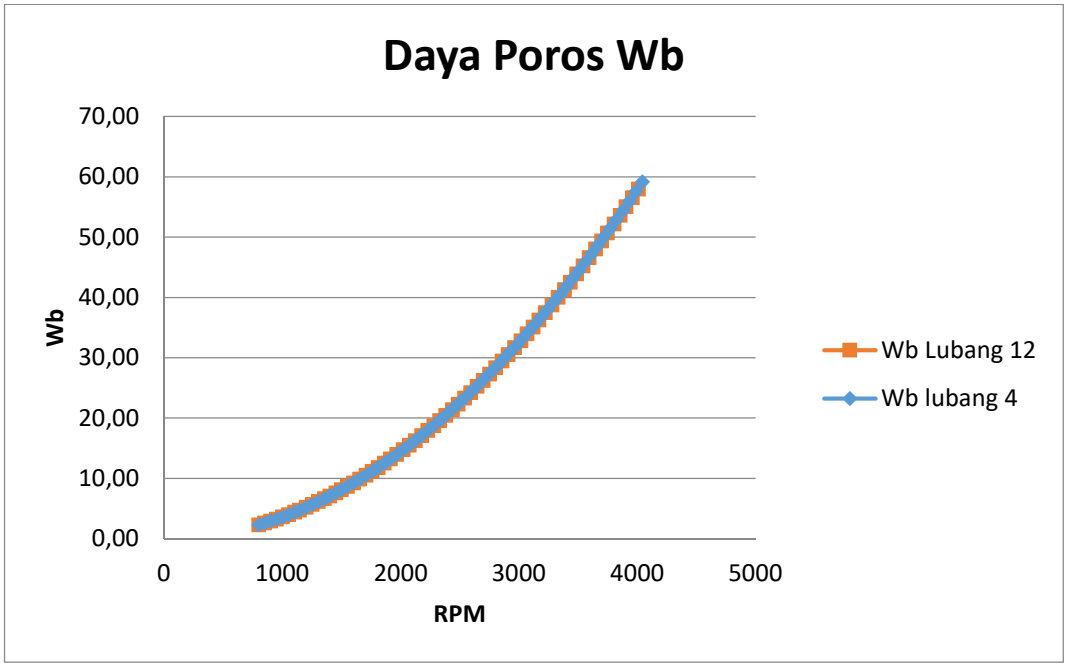
$$n_v = \frac{M_a}{P_a \,.\, V_d} = \frac{0{,}0004579}{0{,}9168 \times 0{,}0004995} = 0{,}9999 = 99{,}99\%$$

4.9. Grafik Perbedaan Hasil Uji Efesiensi Lubang 4 dan Lubang 12



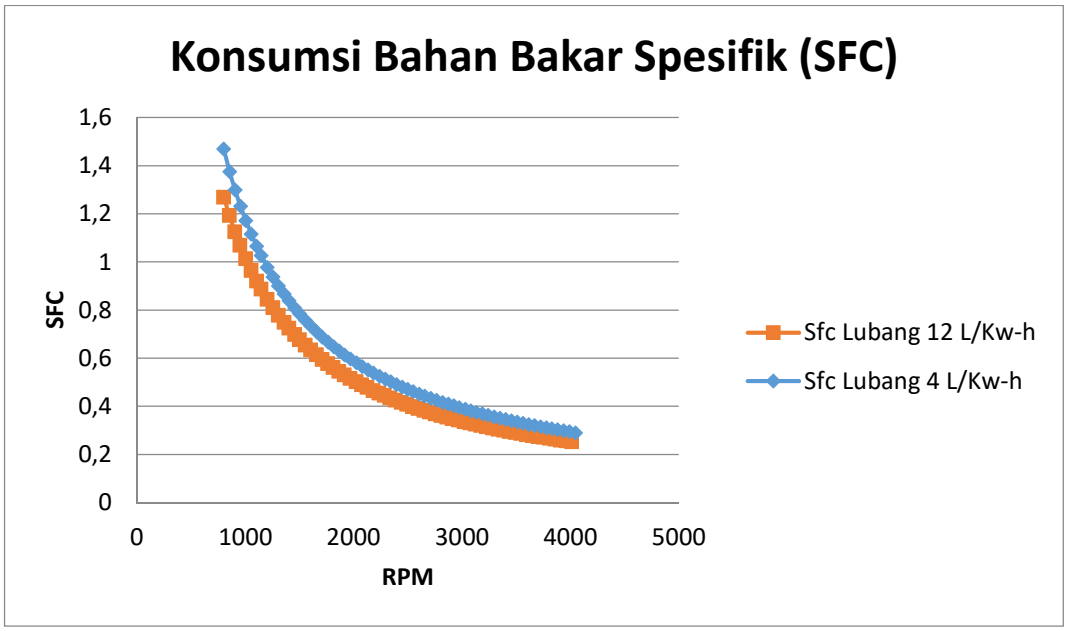
Grafik daya indikator merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder. Grafik diatas menunjukan bahwa semakin tinggi rpm semakin tinggi pula daya indikator tersebut. Ini terlihat seperti pada rpm 800- 4044 di lubang 4 menunjukkan daya indikator yang semakin meningkat. Sama halnya pada lubang 12 dari rpm 800-4010 juga menunjukkan peningkatan yang signifikan. Berdasarkan perbandingan hasil uji daya indikator pada lubang 4 dan lubang 12 menunjukan bahwa daya indikator pada lubang 4 lebih tinggi dari lubang 12.

Grafik 4.2. Daya Poros



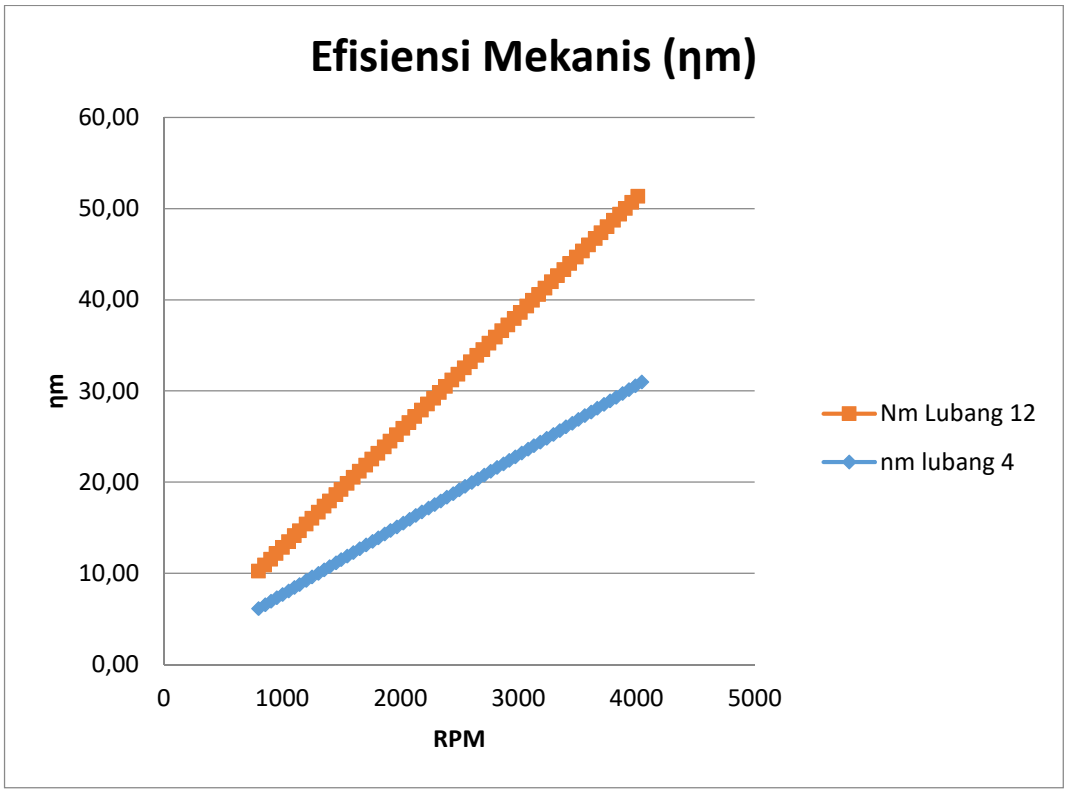
Berdasarkan data grafik di atas daya yang di hasilkan suatu mesin pada porosnya,keluarannya di kenal juga dengan (*brake horse power*) di mana grafik di atas tidak begitu menunjukan perubahan yg signifikan terhadap pengaplikasian injektor dari lubang 4 ke lubang 12 di karenakan,spesifikasi mesin yang sama antara injektor lubang 4 dan injektor lubang 12 dan pengambilan data dengan rpm yang tidak begitu jauh berbeda antara injektor lubang 4 dan injektor lubang 12.

Grafik 4.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik



Konsumsi bahan bakar di definisikan sebagai jumlah bahan bakar yang di konsumsi persatuan unit daya yang di hasilkan perjam operasi,secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin.Berdasarkan grafik konsumsi bahan bakar diatas menunjukan adanya perbedaan konsumsi bahan bakar terhadap lubang 4 dan lubang 12. Hal yang pertama dapat dilihat adalah konsumsi bahan bakar pada setiap lubang injektor, dimana semakin tinggi rpm maka semakin irit pula konsumsi bahan bakar yang digunakan. Selain itu, dari grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa konsumsi bahan bakar pada lubang 12 jauh lebih irit dibandingkan dengan lubang 4.

Grafik 4.4. Efesiensi Mekanis



Berdasarkan grafik efesiensi mekanis di atas menunjukan adanya perbedaan besarnya kerugian daya antara pengaplikasian injektor dari lubang 4 ke lubang 12.dapat kita lihat dari grafik perbedaan besarnya kerugian daya yang di hasilkan setelah melakukan aplikasi injektor. Injektor lubang 12 mengalami kerugian daya yang begitu lebih besar di bandingkan injektor lubang 4.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul "Uji Eksperimen Penggunaan Injector Lubang 4 dan Lubang 12 Pada Mobil Innova Tahun 2006-2007" dapat disimpulkan hubungan antara putaran mesin dan pengaplikasian injektor sangat berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar.

Dapat kita lihat dari hasil data penelitian yaitu :

1. Pada injektor lubang 4 di rpm 2447 menghasilkan Daya Indikator (W_i),merupakan daya yang di hasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder,sebesar 115,50 kw.

   menghasilkan Daya Poros (W_b),daya yang di hasilkan suatu mesin pada poros keluarannya di sebut sebagai daya poros atau biasa di kenal dengam (*brake horse power*) sebesar 21,67 kw.

   Menghasilkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Sfc*),konsumsi bahan bakar di definisikan sebagai jumlah bahan bakar yang di konsumsi persatuan unit daya yang di hasilkan perjam operasi,secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar,sebesar 480,60 gr/kw-h

   menghasilkan Efisiensi Mekanis (η_m),besarnya kerugian daya di perhitungkan dalam efisiensi mekanis,sebesar 18,76.

2. Pada injektor lubang 12 di rpm 2437 menghasilkan Daya Indikator (W_i) merupakan daya yang di hasilkan dalam silinder motor sehingga merupakan basis perhitungan atau penentuan efisiensi pembakaran atau besarnya laju panas akibat pembakaran di dalam silinder,sebesar 68,62 kw.

   Menghasilkan Daya Poros (W_b), daya yang di hasilkan suatu mesin pada poros keluarannya di sebut sebagai daya poros atau biasa di kenal dengam (*brake horse power*) sebesar 21,42 kw.

menghasilkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Sfc)*konsumsi bahan bakar di definisikan sebagai jumlah bahan bakar yang di konsumsi persatuan unit daya yang di hasilkan perjam operasi,secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar,sebesar 416,82 gr/kw-h.

menghasilkan Efisiensi Mekanis (η_m),besarnya kerugian daya di perhitungkan dalam efisiensi mekanis,sebesar 30,51.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat mencari hasil dari performa mesin innova 1TR-FE dari pengaplikasin injektor,antara injektor lubang 4 ke injektor lubang 12 agar di dapatkan kebenaran akan pengaruh pengaplikasian injektor terhadap performa mesin dengan menggunakan alat *Dynamometer*.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (t.th.). *Materi Pelajaran Engine Group Step 1.,* Jakarta : PT Toyota Astra Motor.

Anonim. (1995). *Materi Pelajaran Engine Group Step 2.,* Jakarta : PT Toyota – Astra Motor.

Anonim. (1995). *New Step 1 Training Manual. Jakarta* : PT Toyota – Astra Motor.

Astra New Step 1 Engine System.

Lukman Hakim,(2004). *Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Bakar (Premium,Pertamax,dan Pertamax plus) Terhadap Kerja Motor Bakar Bensin 4 Langkah.*

Pemeliharaan/Servis Sistem Bahan Bakar Mesin.

Suriri,Eri.dkk.(2010).*Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamax Terhadap Untuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki Thunder Tipe EN-125.*

Sugeng Mulyono,Gunawan dan Budha Maryanti (2013). *Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Premium dan Pertamax Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensib.*

Toyota Repair Book.

ONLINE :

Aeriants.blogspot.co.id/2012/12.

https;//otomotiftkrnews.wordpress.com/2015/05/26/siste-injeksi-bahan-bakar-kontrol-elektronik-video-pembelajaran-efi-electronik-fuel-injection/

https;//astradaihatsublitar.wordpress.com/2016/05/10/sistem-efi/

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Belindra, anak ketiga dari keempat bersaudara ini adalah putra kandung dari pasangan bapak Sulaiman Ahmad dan ibu Citra Yana. Lahir di Pontianak pada tanggal 16 Juni 1988. Dan saat ini peneliti dan keluarga menetap di Pontianak. Peneliti lahir dan dibesarkan ditengah lingkungan yang agamis dan sangat perhatian dengan pendidikan. Berikut riwayat pendidikan peneliti pada tahun 2000 Lulus dari SD Negeri 37 Pontianak Selatan , tahun 2003 Lulus dari SLTP Pertiwi Pontianak, tahun 2006 Lulus dari SMA Kemala Bhayangkari 1 Sungai Raya, dan pada tahun 2019 Lulus dari SI Teknik Mesin Universitas Muhamadiyah Pontianak.

Dengan ketekunan dan motivasi tinggi yang dibarengi dengan kerja keras, peneliti berhasil menyelesaikan skripsi ini. Semoga dengan hasil penelitian yang dibahas didalam skripsi ini dapat menjadi referensi bagi peneliti setelahnya. Dan diharapkan dapat berkontribusi dalam dunia otomotif masa kini.

ABSTRAK

Sistem injeksi bahan bakar atau EFI (*Electronic Fuel Injection*) yang memiliki efisiensi lebih baik, sistem ini merupakan salah satu jenis sistem bahan bakar pada motor bensin.Injeksi bahan bakar juga dapat mengontrol pencampuran bahan bakar dan udara lebih tepat dan baik dalam proporsi keseragaman. Berdasarkan keluhan dari pengguna yang memakai injeckor innova lubang 4 yang merasakan bahan bakar lebih boros maka dari itu para montir mengaplikasikan injektor innova lubang 12 untuk diaplikasikan ke mobil innova yang berinjektor lubang 4 untuk menghasilkan bahan bakar yang lebih irit tetapi hal itu hanya berdasarkan pengalaman yang ada dilapangan mengatakan bahwa injektor lubang 12 yang di aplikasikan ke injektor lubang 4 lebih irit. Metode pengumpulan data yang dipakai dalam penelitian ini adalah studi literatur dan metode observasi di AUTO 2000 yaitu salah satu perusahaan publik di Kalimantan Barat yang bergerak di bidang Penjualan, dan Perawatan alat Transportasi darat, yaitu kendaraan ringan (mobil). Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul "Uji Eksperimen Penggunaan Injector Lubang 4 dan Lubang 12 Pada Mobil Innova Tahun 2006-2007" dapat disimpulkan hubungan antara putaran mesin dan pengaplikasian injektor sangat berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar.