

SKRIPSI

**ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1 DENGAN VARIASI
BEBAN DAN BUKAAN KATUP GAS MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR
PERTALITE**

**OLEH:
AGIM CHRISMASTORI
D21115312**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022**

SKRIPSI

**ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1 DENGAN VARIASI
BEBAN DAN BUKAAN KATUP GAS MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR
PERTALITE**

OLEH:

AGIM CHRISMASTORI

D21115312

Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL :

ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TVI DENGAN VARIASI BEBAN DAN BUKAAN KATUP GAS MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR

PERTALITE

AGIM CHRISMASTORI

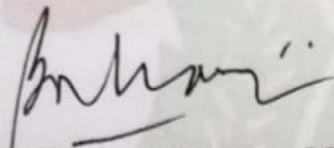
D21115312

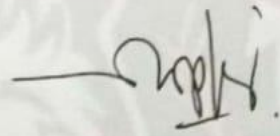
Gowa, 01 Agustus 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Baharuddin Mire, M.T.
NIP. 19550914 198702 1 001


Dr. Eng. Novriany Amaliyah, S.T., M.T.
NIP. 19791112 200812 2 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T.

NIP. 19720825 20003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agim Chrismastori
NIM : D21115312
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Analisa Kinerja Motor Bensin Model TV1 dengan Variasi Beban dan Bukaannya
Katup Gas Menggunakan Bahan Bakar Pertalite”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 01 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Agim Chrismastori

ABSTRAK

Dewasa ini industri otomotif di dunia dituntut untuk menghasilkan motor bakar dengan tingkat efisiensi termal yang tinggi. Beberapa teknologi tinggi yang diterapkan antara lain teknologi injeksi bahan bakar dan desain motor bakar dengan rasio kompresi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi rasio kompresi, beban, bukaan katup gas dan waktu penyemprotan bahan bakar terhadap kinerja mesin menggunakan bahan bakar pertalite. Penelitian ini dilaksanakan dengan rasio kompresi 8 dan 10, bukaan katup gas 50 % dan 100 % dengan pembebanan 8 dan 10 kg pada putaran mesin di angka 1800 rpm. Dari hasil penelitian, daya efektif tertinggi dicapai pada rasio kompresi yang tinggi menggunakan beban 10 kg pada bukaan katup gas 50 %. Konsumsi bahan bakar spesifik turun seiring naiknya daya efektif. Rasio udara bahan bakar naik saat penambahan beban. Untuk efisiensi volumetris, persentasenya naik saat penambahan bukaan katup gas. Dan untuk efisiensi termis persentasenya naik saat diberikan penambahan beban.

Kata kunci: Rasio kompresi, Beban mesin, Waktu penyemprotan, Kinerja mesin

ABSTRACT

Today the automotive industry in the world is required to produce combustion engines with a high level of thermal efficiency. Some of the high technologies applied include fuel injection technology and the design of a combustion engine with a high compression ratio. This study aims to determine the effect of variations in compression ratio, load, gas valve opening and fuel spraying time on engine performance using pertalite fuel. This research was carried out with compression ratios of 8 and 10, gas valve openings of 50% and 100% with loadings of 8 and 10 kg at engine speed at 1800 rpm. From the results of the study, the highest effective power was achieved at a high compression ratio using a load of 10 kg at 50% gas valve opening. Specific fuel consumption decreases as the effective power increases. Air-fuel ratio increases with increasing load. For volumetric efficiency, the percentage increases as the gas valve opening increases. And for the thermal efficiency the percentage increases when given an additional load.

Keywords: Compression ratio, Machine load, Spraying time, Machine performance

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar sarjana Teknik di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Judul yang penulis ajukan adalah “Analisa Kinerja Motor Bensin Model TV 1 dengan Variasi Beban dan Bukaannya Katup Gas Menggunakan Bahan Bakar Pertalite”. Dalam mengerjakan tugas akhir ini bukanlah hal mudah untuk dilalui. Berbagai macam dinamika yang terjadi menimbulkan berbagai masalah. Namun bagaimanapun apa yang telah penulis lakukan dan kerjakan dalam perancangan ini akan selalu menjadi bagian sejarah dalam penulis.

Terwujudnya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, pikiran, maupun materi. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua tercinta, Maryam dan Agustinus atas kasih sayang, segala bentuk dukungan yang tak terhitung serta doa yang selama ini telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Ir. Baharuddin Mire, M.T. selaku Kepala Laboratorium Motor Bakar Departemen Mesin FT-UH, sekaligus Pembimbing I yang telah membimbing penulis sampai selesai mengerjakan tugas akhir.
5. Ibu Dr. Eng Novriany Amaliah, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Bapak Prof. Dr. Eng. Erwin Eka Putra, S.T., M.T. selaku dosen penguji, yang juga telah mendampingi serta mengarahkan selama pengambilan data di Laboratorium Motor Bakar.
7. Bapak Ir. Andi Mangkau, M.T. selaku penguji dan yang juga telah memberi masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membimbing dan memberikan ilmunya selama Penulis mengenyam pendidikan di kampus.
9. Surahman selaku laboran di Laboratorium Motor Bakar yang senantiasa membantu dalam pengambilan data penelitian.
10. Bapak/Ibu Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala urusan administrasi.
11. Saudara-saudara seperjuangan penulis “Hydraulic 2015” yang sudah menjadi tim hore dan tim support paling hebat yang selalu ada dalam suka maupun duka, yang bahkan saya tidak yakin bisa menyelesaikan penelitian ini dengan baik tanpa mereka.
12. Rekan-rekan SC Lale yang juga mendukung penulis dalam penyelesaian tugas akhir.
13. Rekan-rekan di Laboratorium Plasma dan Motor Bakar yang senantiasa memberi dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.
14. Titi yang selalu mengingatkan dan memberi semangat kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.
15. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis.

Sebagai manusia biasa tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam Skripsi ini, begitu pula dalam penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan dari pada pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi di masa yang akan datang. Terima kasih

Gowa, 01 Agustus 2022

Penulis,

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN SAMPUL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | iv |
| ABSTRAK | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| DAFTAR SIMBOL..... | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 4 |
| 2.1 Motor Bensin | 4 |
| 2.2 Karakteristik Motor Bensin | 4 |
| 2.3 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah..... | 5 |
| 2.4 Siklus Ideal | 7 |
| 2.5 Variabel Rasio Kompresi (VCR)..... | 9 |
| 2.6 Perbandingan Rasio Kompresi | 10 |
| 2.7 Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR)..... | 11 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 2.8 | Efisiensi Pembakaran | 11 |
| 2.9 | Bahan Bakar Hidrokarbon..... | 11 |
| 2.9.1 | Nilai kalor..... | 12 |
| 2.9.2 | Viskositas | 13 |
| 2.9.3 | Massa Jenis (Densitas) | 13 |
| 2.9.4 | Titik Nyala (Flash Point)..... | 14 |
| 2.10 | Parameter Perhitungan Kinerja Motor Bakar | 14 |
| 2.10.1 | Daya Efektif (kW)..... | 14 |
| 2.10.2 | Konsumsi Bahan Bakar (kg/h)..... | 15 |
| 2.10.3 | Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.h)..... | 15 |
| 2.10.4 | Laju Aliran Udara Aktual (kg/h)..... | 16 |
| 2.10.5 | Laju Aliran Udara Teoritis (kg/h) | 17 |
| 2.10.6 | Perbandingan Udara dan Bahan Bakar | 18 |
| 2.10.7 | Efisiensi Volumetrik (%)..... | 18 |
| 2.10.8 | Efisiensi Thermis (%) | 18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | | 19 |
| 3.1 | Waktu dan Tempat Penelitian | 19 |
| 3.2 | Alat dan Bahan | 19 |
| 3.2.1 | Alat Penelitian..... | 19 |
| 3.2.2 | Bahan Penelitian..... | 21 |
| 3.3 | Metode Pengambilan Data | 21 |
| 3.4 | Metode Pengujian..... | 22 |
| 3.5 | Prosedur Pengambilan Data | 23 |
| 3.6 | Diagram Alir penelitian..... | 24 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 25 |

| | | |
|----------------------|--|----|
| 4.1 | Pengolahan Data Hasil Perhitungan | 25 |
| 4.2 | Pembahasan Hasil Perhitungan dengan Variasi Beban dan Bukaannya Katup Gas..... | 28 |
| 4.2.1 | Daya Efektif (BP)..... | 29 |
| 4.2.2 | Konsumsi Bahan Bakar Spesifik SFC (kg/kW.h)..... | 31 |
| 4.2.3 | Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR) | 34 |
| 4.2.4 | Efisiensi Volumetris η_{vol} (%) | 36 |
| 4.2.5 | Efisiensi Termis η_{th} (%) | 39 |
| 4.3 | Pembahasan Hasil Perhitungan dengan Variasi Waktu Penyemprotan Bahan Bakar | 42 |
| 4.3.1 | Daya Efektif (BP)..... | 43 |
| 4.3.2 | Konsumsi Bahan Bakar Spesifik SFC (kg/kW.h)..... | 44 |
| 4.3.3 | Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR) | 45 |
| 4.3.4 | Efisiensi Volumetris η_{vol} (%) | 46 |
| 4.3.5 | Efisiensi Termis η_{th} (%) | 47 |
| 4.4 | Pembahasan Hasil Perhitungan dengan Variasi Rasio Kompresi | 49 |
| 4.4.1 | Daya Efektif (BP)..... | 50 |
| 4.4.2 | Konsumsi Bahan Bakar Spesifik SFC (kg/kW.h)..... | 51 |
| 4.4.3 | Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR) | 52 |
| 4.4.4 | Efisiensi Volumetris η_{vol} (%) | 53 |
| 4.4.5 | Efisiensi Termis η_{th} (%) | 54 |
| BAB V PENUTUP..... | | 55 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 55 |
| 5.2 | Saran..... | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 57 |

| | |
|-----------------------------|----|
| LAMPIRAN | 59 |
| Tabel Hasil Pengamatan..... | 60 |
| Dokumentasi | 62 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Cara kerja motor bensin 4 langkah..... | 7 |
| Gambar 2.2 Diagram P vs V dari volume konstan..... | 8 |
| | |
| Gambar 3.1 Mesin bensin model TV1 | 19 |
| Gambar 3.2 Panel Kontrol..... | 20 |
| Gambar 3.3 Komputer..... | 20 |
| Gambar 3.4 Pompa..... | 21 |
| Gambar 3.5 Pertalite..... | 21 |
| Gambar 3.6 Diagram alir penelitian..... | 24 |
| | |
| Gambar 4.1 <i>Daya efektif (kW) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 8 : 1</i> | 29 |
| Gambar 4.2 <i>Daya efektif (kW) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 10 : 1</i> | 30 |
| Gambar 4.3 <i>SFC (kg/kW.h) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 8 : 1</i> | 32 |
| Gambar 4.4 <i>SFC (kg/Kw) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 10 : 1</i> | 33 |
| Gambar 4.5 <i>AFR vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 8 : 1</i> | 34 |
| Gambar 4.6 <i>AFR vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 10 : 1</i> | 35 |
| Gambar 4.7 <i>Efisiensi Volumetris (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 8 : 1</i> | 36 |
| Gambar 4.8 <i>Efisiensi Volumetris (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 10 : 1</i> | 37 |
| Gambar 4.9 <i>Efisiensi Thermis (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 8 : 1</i> | 39 |
| Gambar 4.10 <i>Efisiensi Thermis (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada rasio kompresi 10 : 1</i> | 40 |
| Gambar 4.11 <i>Daya efektif (kW) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi waktu penyemprotan bahan bakar</i> | 43 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.12 <i>SFC (kg/kW) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi waktu penyemprotan bahan bakar.....</i> | 44 |
| Gambar 4.13 <i>AFR vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi penyemprotan bahan bakar</i> | 45 |
| Gambar 4.14 <i>Efisiensi Volumetris (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi waktu penyemprotan bahan bakar.....</i> | 46 |
| Gambar 4.15 <i>Efisiensi Thermis (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi penyemprotan bahan bakar.....</i> | 47 |
| Gambar 4.16 <i>Daya efektif (kW) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi rasio kompresi</i> | 50 |
| Gambar 4.17 <i>SFC (kg/Kw) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi rasio kompresi</i> | 51 |
| Gambar 4.18 <i>AFR vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi rasio kompresi.....</i> | 52 |
| Gambar 4.19 <i>Efisiensi Volumetris (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi rasio kompresi</i> | 53 |
| Gambar 4.20 <i>Efisiensi Thermis (%) vs Bukaannya katup gas (%) pada variasi rasio kompresi</i> | 54 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.2.1 Hasil perhitungan dengan variasi beban dan bukaan katup gas..... | 28 |
| Tabel 4.3.1 Hasil perhitungan dengan variasi waktu penyemprotan bahan bakar | 42 |
| Tabel 4.4.1 Hasil Perhitungan dengan variasi rasio kompresi | 49 |

DAFTAR SIMBOL

| | | |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------|
| IP | Daya indikasi | kW |
| BP | Daya efektif | kW |
| η_m | Efisiensi mekanis | % |
| N | Putaran poros | rpm |
| n | Jumlah putaran persiklus | - |
| FC | Konsumsi bahan bakar | kg/h |
| VGU | Volume gelas ukur | cc |
| Pf | Massa jenis bahan bakar | kg/h |
| SFC | Konsumsi bahan bakar spesifik | kg/h |
| Ma | Laju aliran udara aktual | kg/h |
| K | Koefisien | - |
| C | Kecepatan aliran udara | m/s |
| D_o | Diameter orifice | mm |
| h_o | Beda tekanan pada manometer | mmH ₂ O |
| ρ_a | Massa jenis udara pada kondisi masuk | kg/m ³ |
| Mth | Laju udara secara teoritis | kg/h |
| V_s | Volume silinder | - |
| ρ_{ud} | Massa jenis udara | kg/m ³ |
| Ka | Konstanta untuk motor 4 langkah | - |
| d | Diameter silinder | mm |
| s | Panjang Langkah silinder | mm |
| z | Jumlah silinder | - |
| AFR | Rasio udara-bahan bakar | - |
| η_{vo} | Efisiensi volumetris | % |
| η_{th} | Efisiensi thermis | % |
| Q_{tot} | Kalor total | kW |
| LHV _{bb} | Nilai kalor bahan bakar | kJ/kg |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi dibidang industri terutama dalam bidang permesinan. Revolusi industri di dunia dengan ditemukannya mesin uap kemudian mesin Otto dan mesin Diesel manusia berlomba-lomba melakukan penelitian untuk menemukan teknologi yang bertujuan untuk memudahkan kegiatan manusia sehari-hari, tak terkecuali perkembangan teknologi di bidang otomotif yang semakin mengalami kemajuan yang sangat pesat. Motor bakar adalah salah satunya teknologi di bidang industri. Motor bakar adalah mesin atau pesawat tenaga yang merupakan mesin kalor dengan menggunakan energi panas untuk melakukan kerja mekanik dengan merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas (thermal) sehingga menghasilkan energy mekanik. Cara memperoleh energi thermal tersebut dari hasil proses pembakaran bahan bakar didalam mesin itu sendiri.

Mengingat fakta makin langkanya minyak mentah dan semakin menipisnya persediaan atau cadangan minyak bumi di dunia, maka industri otomotif di dunia dituntut untuk menghasilkan motor bakar dengan tingkat efisiensi termal yang tinggi. Beberapa teknologi tinggi yang diterapkan antara lain teknologi injeksi bahan bakar dan desain motor bakar dengan rasio kompresi tinggi. Rasio kompresi yang tinggi mempunyai dampak negatif berupa peningkatan bilangan oktan pada pembakaran. Sebagai contoh, untuk motor bensin dengan perbandingan kompresi 8 : 5 kalau menggunakan bensin dengan angka oktan rendah akan menyebabkan terjadinya knocking dan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna, hal ini akan mempercepat terjadinya sedimen-sedimen karbon pada ruang bakar pada saat tertentu dimana kumpulan karbon tersebut cukup banyak, karbon akan membara yang selanjutnya timbul penyalan awal sebelum busi sendiri memberikan penyalan. Bahkan sering motor masih hidup walaupun kunci kontak sudah

dimatikan. Begitupun sebaliknya pemakaian bahan bakar dengan oktan yang tinggi dengan rasio kompresi yang rendah hanya akan mempercepat pabnasnya mesin serta menyebabkan unjuk kerja motor bakar akan menurun secara drastis dan apabila terjadi secara berulang-ulang akan menyebabkan kerusakan pada beberapa komponen motor bakar.

Tuntutan efisiensi termal yang tinggi dan masalah peningkatan kebutuhan bilangan ikatan menuntut peningkatan kualitas bahan bakar motor yang tinggi. Saat ini salah satu jenis bahan bakar yang digunakan sebagai bahan bakar komersial adalah pertalite. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dan kualitas bahan bakar tersebut dilakukan pengujian terhadap kinerja motor bensin 4 langkah, sehingga penulis melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi beban dan bukaan katup gas dengan menggunakan bahan bakar pertalite pada motor bensin dengan judul **“ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1 DENGAN VARIASI BEBAN DAN BUKAAN KATUP GAS MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR PERTALITE”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh bukaan katup gas dan beban terhadap kinerja motor bensin model TV1?
2. Bagaimana pengaruh waktu penyemprotan bahan bakar terhadap kinerja motor bensin model TV1?
3. Bagaimana pengaruh rasio kompresi terhadap kinerja motor bensin model TV1?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh variasi bukaan katup gas dan beban terhadap kinerja motor bensin model TV1.

2. Menganalisis pengaruh variasi waktu penyemprotan bahan bakar terhadap kinerja motor bensin model TV1.
3. Menganalisis pengaruh rasio kompresi terhadap kinerja motor bensin model TV1.

1.4 Batasan Masalah

Disebabkan karena luasnya permasalahan yang mungkin timbul, maka masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang digunakan adalah Pertalite.
2. Bukaannya katup gas 50% dan 100%.
3. Rasio kompresi yang digunakan adalah 8 dan 10.
4. Putaran yang digunakan 1800 rpm.
5. Pembebanan yang digunakan sebesar 8 dan 10 kg.
6. Penambahan waktu penyemprotan bahan bakar sebesar 0,5 ms
7. Mesin yang digunakan adalah mesin bensin model TV1.
8. Parameter kinerja mesin yang menjadi pokok analisa dalam pengujian ini meliputi :
 - Daya efektif (BHP)
 - Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)
 - Rasio udara-bahan bakar (AFR)
 - Efisiensi volumetris
 - Efisiensi termis

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi penulis adalah sebagai wadah pengaplikasian pengetahuan yang dimiliki, khususnya dalam bidang motor bakar.
2. Bagi akademik adalah sebagai bahan informasi untuk penelitian selanjutnya yang kemudian bisa dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.
3. Bagi masyarakat umum adalah sebagai acuan dalam penggunaan bahan bakar alternatif yang lebih efektif dan efisien.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Motor Bensin

Motor bensin (*spark Ignition*) adalah suatu tipe mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang dapat mengubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol. Energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan udara yang terjadi pada ruang bakar (*Combustion Chamber*) dengan bantuan bunga api yang berasal dari percikan busi untuk menghasilkan gas pembakaran (I Gede, 2010).

Berdasarkan siklus kerjanya motor bensin dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor bensin dua langkah dan motor bensin empat langkah. Motor bensin dua langkah adalah motor bensin yang memerlukan dua kali langkah torak, satu kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali daya/usaha. Sedangkan motor bensin empat langkah adalah motor bensin yang memerlukan empat kali langkah torak, dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali daya/usaha (I Gede, 2010).

2.2 Karakteristik Motor Bensin

Mesin Otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar gasoline atau yang sejenis. Mesin Otto berbeda dengan mesin Diesel dalam metode pencampuran bahan bakar dengan udara, dan mesin Otto selalu menggunakan penyalaan busi untuk proses pembakaran. Pada mesin Diesel, hanya udara yang dikompresikan dalam ruang bakar dan dengan sendirinya udara tersebut terpanaskan, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar di akhir langkah kompresi untuk bercampur dengan udara yang sangat panas, pada saat kombinasi antara jumlah udara, jumlah bahan bakar, dan temperatur dalam kondisi tepat maka campuran udara dan bakar tersebut akan terbakar dengan sendirinya. Siklus

Otto (ideal) pembakaran tersebut dimisalkan dengan pemasukan panas pada volume konstan (Robertus dkk, 2013).

Karakteristik mesin bensin yang bisa kita kenali dengan mudah adalah bahan bakar yang digunakan oleh mesin ini. Mesin bensin menggunakan bahan bakar bensin, seperti Premium dan Pertamax. Maka dari itu, dalam bahasa Inggris, mesin ini disebut gasoline engine.

Pada proses pembakaran, mesin bensin membutuhkan komponen pengapian. Selain itu, rasio kompresi yang dibutuhkan juga cenderung kecil, yaitu antara 8:1 sampai 12:1. Akselerasi yang bisa Sahabat dapatkan dari mesin bensin pun tidak perlu diragukan. Mesin bensin bisa mengeluarkan suara yang begitu halus.

Ditambah lagi, tenaga maksimal pada mesin bensin sangatlah tinggi. Mesin ini mampu dioperasikan dalam rpm yang tinggi (Daihatsu).

2.3 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

Mesin empat langkah adalah mesin pembakaran dalam yang dalam satu siklus pembakaran terjadi empat langkah piston. Empat langkah tersebut meliputi, langkah hisap (pemasukan), kompresi, tenaga dan langkah buang yang secara keseluruhan memerlukan dua putaran poros engkol (crankshaft) per satu siklus pada mesin Otto (Robertus dkk, 2013).

1. Langkah Hisap

Dalam langkah ini, campuran bahan bakar dan udara di hisap ke dalam ruang bakar, Katup hisap membuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), menyebabkan ruang silinder menjadi vakum dan menyebabkan masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder yang disebabkan adanya tekanan udara luar (Robertus dkk, 2013).

2. Langkah Kompresi

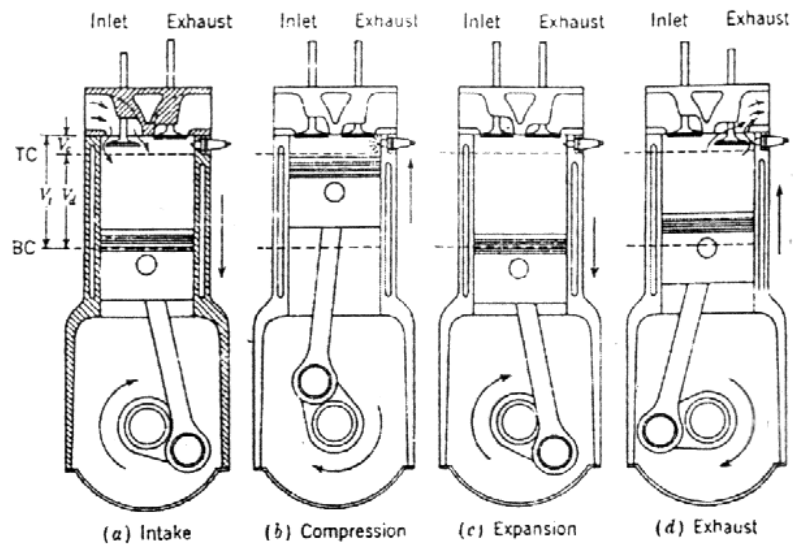
Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya akan naik, sehingga akan mudah terbakar. Saat inilah percikan api dari busi terjadi. Poros engkol berputar satu kali ketika torak mencapai titik mati atas (TMA) (Robertus dkk, 2013).

3. Langkah Usaha

Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga dimana gerak translasi piston diubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol dan selanjutnya akan menggerakkan kendaraan. Saat torak mencapai titik mati atas (TMA) pada saat langkah kompresi, busi memberikan loncatan bunga api pada campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresikan. Dengan adanya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (Robertus dkk, 2013).

4. Langkah Buang

Dalam langkah ini, gas yang sudah terbakar, akan dibuang ke luar silinder. Katup buang membuka sedangkan katup hisap tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), mendorong gas bekas keluar dari silinder. Pada saat akhir langkah buang dan awal langkah hisap kedua katup akan membuka sedikit (valve overlap) yang berfungsi sebagai langkah pembilasan (campuran udara dan bahan bakar baru mendorong gas sisa hasil pembakaran). Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan langkah berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam satu siklus yang terdiri dari empat langkah yaitu, 1 langkah hisap, 1 langkah kompresi, 1 langkah usaha, 1 langkah buang yang merupakan dasar kerja dari pada mesin empat langkah.



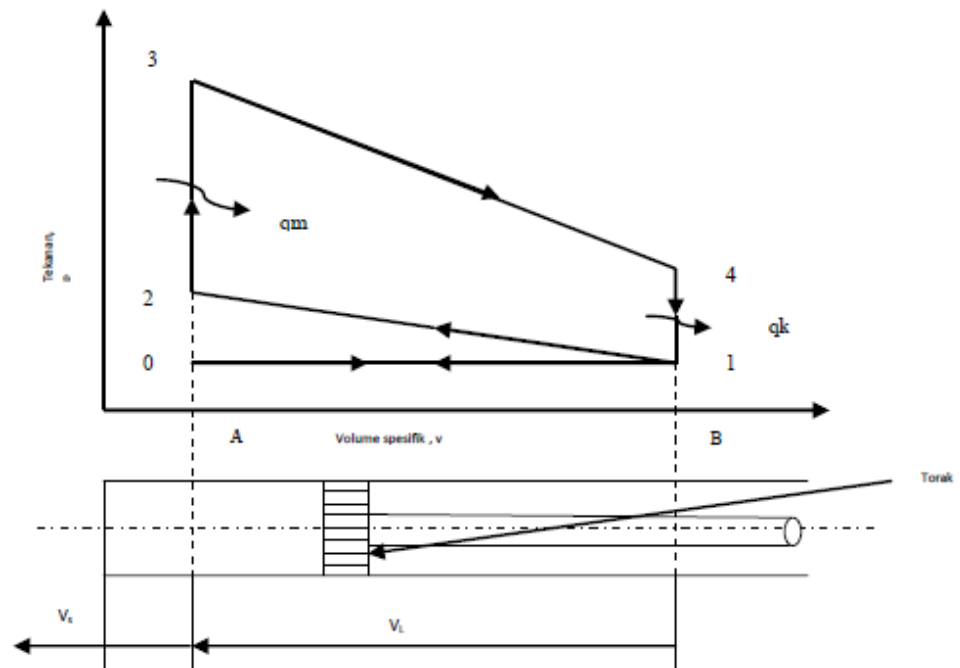
Gambar 2.1 Cara kerja motor bensin 4 langkah

Kompresi pada mesin merupakan perbandingan tekanan udara berbanding bahan bakar. Dalam pengertian yang lebih luas, rasio kompresi adalah perbandingan volume ruang bakar saat piston di titik mati bawah (TMB) dengan volume ruang bakar saat titik mati atas (TMA). Semakin besar perbandingan rasio kompresi maka pada saat piston berada di titik mati atas (TMA) akan memiliki tekanan Kompresi pada mesin merupakan perbandingan tekanan udara berbanding bahan bakar. Dalam pengertian yang lebih luas, rasio kompresi adalah perbandingan volume ruang bakar saat piston di titik mati bawah (TMB) dengan volume ruang bakar saat titik mati atas (TMA). Semakin besar perbandingan rasio kompresi maka pada saat piston berada di titik mati atas (TMA) akan memiliki tekanan (Robertu dkk, 2013).

2.4 Siklus Ideal

Proses termodinamika dan kimia yang terjadi dalam motor bakar torak sangat kompleks untuk di analisis menurut teori. Menurut Wiranto Arismunandar untuk memudahkan analisis tersebut kita perlu membayangkan suatu keadaan yang ideal. Makin ideal suatu keadaan makin mudah dianalisis, akan tetapi akan sendirinya makin jauh menyimpang dari

keadaan yang sebenarnya. Di analisis siklus udara, khususnya pada motor bakar torak, akan dibahas siklus udara volume-konstan (siklus Otto). Siklus ini dapat digambarkan dengan grafik P vs v seperti terlihat pada gambar 2.2. Sifat ideal yang dipergunakan serta keterangan mengenai proses siklusnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Diagram P vs V dari volume konstan

1. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
2. Langkah hisap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
3. Langkah kompresi (1-2) adalah proses isintropik.
4. Proses pembakaran volume konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
5. Langkah kerja (3-4) isintropik .
6. Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
7. Langkah buang (1-0) adalah proses tekanan konstan.

8. Siklus dianggap tertutup artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama atau gas yang berbeda di dalam silinder pada titik satu dapat dikeluarkan dari dalam silinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah hisap berikutnya akan masuk sejumlah fluida kerja yang sama.

2.5 Variabel Rasio Kompresi (VCR)

Motor bensin terhubung ke *dynamometer* tipe arus Eddy untuk mengukur. Rasio kompresi dapat diubah tanpa menghentikan mesin dan tanpa mengubah geometri ruang bakar dengan pengaturan blok silinder miring yang dirancang khusus. Pengaturan dilengkapi dengan instrumen yang diperlukan untuk tekanan pembakaran dan pengukuran sudut engkol. Sinyal-sinyal ini dihubungkan ke komputer melalui indikator mesin. Ketentuan juga dibuat untuk menghubungkan aliran udara, aliran bahan bakar, suhu dan pengukuran beban. Pengaturan memiliki panel yang berdiri sendiri di kotak yang terdiri dari kotak udara, dua tangki bahan bakar untuk uji campuran, manometer, pengukur bahan bakar, pemancar untuk pengukuran aliran udara dan bahan bakar, indikator proses dan mesin indikator. Rotameter disediakan untuk air pendingin dan aliran air kalorimeter pengukuran (Anonim, 2014).

Mesin yang digunakan adalah mesin bensin TV1 silinder tunggal empat langkah, vertikal, berpendingin air, disedot alami, injeksi langsung mesin bensin. Transduser tekanan digunakan untuk memantau tekanan injeksi. Peralatan mesin dihubungkan dengan perangkat pengukuran emisi gas, alat analisis gas, dilengkapi dengan instrumen yang diperlukan untuk mengukur tekanan pembakaran dan sudut engkol. Sinyal-sinyal ini dihubungkan ke komputer melalui indikator sensor mesin perangkat lunak. Udara atmosfer memasuki *intake manifold* mesin melalui saringan udara dan kotak udara. Udara sensor aliran dilengkapi dengan kotak udara memberi masukan untuk konsumsi udara ke sistem akuisisi data. Semua input seperti konsumsi udara dan bahan bakar, rem mesin daya, tekanan silinder dan sudut engkol direkam oleh sistem akuisisi data, yang disimpan dalam komputer dan ditampilkan di monitor. Thermokopel dalam bersama dengan indikator suhu terhubung pada

pipa knalpot untuk mengukur suhu knalpot gas. Kepadatan asap knalpot diukur dengan termokopel (Anonim, 2014).

2.6 Perbandingan Rasio Kompresi

Perbandingan kompresi merupakan perbandingan banyak campuran bahan bakar dan udara yang masuk didalam silinder pada langkah hisap, dan yang dimanfaatkan pada langkah kompresi.

$$PK = (V_L + V_c) / V_c \dots\dots\dots (1)$$

Dimana,

PK = Perbandingan kompresi

V_L = Volume langkah

V_c = Volume kompresi

Angka perbandingan kompresi yang tinggi mengakibatkan tekanan awal pembakaran menjadi lebih tinggi. Dengan tekanan awal pembakaran yang tinggi berarti tekanan maksimum yang dihasilkan oleh pembakaran akan menjadi lebih tinggi sehingga tenaga yang dihasilkan menjadi lebih besar. Apabila gaya yang mendorong lebih besar maka lebih besar pula momen yang dihasilkan pada poros engkol (Irwan, 2015).

Semakin tinggi nilai perbandingan kompresi semakin tinggi pula nilai tekanan kompresi. Pengaruh tekanan kompresi terhadap mesin adalah semakin besar tekanan kompresi semakin besar pula tenaga yang dihasilkan oleh mesin. Motor dengan perbandingan kompresi yang tinggi mempunyai kelemahan yakni dengan tingginya tekanan pada akhir kompresi atau tekanan awal pembakaran berarti suhu dalam ruang kompresi juga akan naik. Apabila hal ini terjadi maka dapat terjadi detonasi jika tekanan kompresi yang tinggi tidak diikuti dengan pemakaian bahan bakar yang beroktan tinggi (Irwan, 2015).

2.7 Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR)

Menurut Jhon Heywood, dalam pengujian mesin, baik laju aliran massa udara dan laju aliran massa bahan bakar biasanya diukur. Rasio laju aliran ini berguna dalam mendefinisikan mesin dalam kondisi beroperasi.

$$AFR = \frac{M_a}{FC} \dots\dots\dots(2)$$

Rentang operasi normal untuk mesin SI konvensional yang menggunakan bahan bakar bensin adalah ($12 \leq AFR \leq 18$) sedangkan mesin bahan bakar diesel pada ($18 \leq AFR \leq 70$) (J. B. Heywood, 1989).

2.8 Efisiensi Pembakaran

Meskipun aliran udara dan bahan bakar ke mesin dikendalikan sesuai pada kondisi stoikiometri, pembakaran tidak dapat sempurna, dan emisi berupa CO₂, H₂O, dan NO_x dijumpai dalam produk buang. Hal ini disebabkan karena waktu yang singkat untuk setiap siklus pada pencampuran udara dan bahan bakar. Beberapa molekul bahan bakar tidak dapat bereaksi dengan oksigen sehingga sebagian bahan bakar maupun oksigen menjadi emisi.

Secara aktual, gas buang dari pembakaran mesin menghasilkan emisi seperti CO, CO₂, H₂O, HC, NO_x. Saat beroperasi dengan campuran miskin, jumlah produk pembakaran yang tidak sempurna relatif kecil. Tetapi, saat beroperasi dengan campuran kaya, maka nilai emisi menjadi lebih besar karena jumlah oksigen tidak cukup untuk membakar semua bahan bakar (Philip, 2015).

2.9 Bahan Bakar Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan senyawa ikatan hidrogen dan karbon yang dapat terbakar (dioksidasi), membentuk air (H₂O) dan karbondioksida (CO₂). Bahan bakar hidrokarbon mempunyai variasi berat karbon dari 83% sampai 87% dan berat hidrogen dari 11% sampai 14%. Pada umumnya bobot molekular komponen yang lebih besar mempunyai temperatur didih lebih tinggi (Philip, 2015).

Bahan bakar bensin merupakan campuran senyawa hidrokarbon cair dengan nilai *volatile* yang tinggi. Bensin terdiri dari parafin, naptalene

aromatik, dan olifin, bersama-sama dengan beberapa senyawa organik lain dan kontaminan. Struktur molekulnya terdiri dari C4-C9 (parafin, alifin, naftalen, dan aromatik). Beberapa karakteristik penting bahan bakar hidrokarbon diantaranya volatilitas, nilai oktan serta kandungan energi. Karakteristik nilai oktan merupakan ukuran seberapa tahan bensin terhadap ledakan prematur (*prematuur detonation*) atau ketukan (*knocking*).

Angka oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan tahanan suatu bahan bakar terhadap detonasi. Bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi dapat dipakai pada motor dengan kompresi yang lebih tinggi dan akan menghasilkan tenaga yang lebih tinggi. Maka dari itu penggunaan bahan bakar dengan oktan yang lebih tinggi akan mengurangi kemungkinan terjadinya detonasi, sehingga campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan dapat optimal dan tenaga yang dihasilkan motor akan lebih besar serta konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit. (Irwan, 2015).

Pertalite merupakan bahan bakar gasoline yang memiliki angka oktan 90 serta berwarna hijau terang dan jernih ini sangat tepat digunakan oleh kendaraan dengan kompresi 9:1 hingga 10:1. Bahan bakar Pertalite memiliki angka oktan yang lebih tinggi daripada bahan bakar Premium 88 sehingga lebih tepat digunakan untuk kendaraan bermesin bensin yang saat ini beredar di Indonesia. Dengan tambahan additive, Pertalite mampu menempuh jarak yang lebih jauh dengan tetap memastikan kualitas dan harga yang terjangkau. (Pertamina).

Adapun sifat fisik bahan bakar perlu diketahui adalah sebagai berikut :

2.9.1 Nilai kalor

Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan jika 1 kg bahan bakar terbakar secara sempurna. Nilai kalor adalah suatu kesanggupan bahan bakar untuk memberikan energi panas untuk menghasilkan daya. Apabila nilai kalor suatu bahan bakar tinggi maka panas yang dihasilkan oleh pembakaran akan tinggi. Akan tetapi apabila nilai

kalor bahan bakar rendah maka panas yang dihasilkan oleh pembakaran akan rendah. Sehingga bahan bakar dengan nilai kalor yang tinggi mampu memberikan energi panas yang tinggi untuk proses pembakaran yang sempurna.

2.9.2 Viskositas

Fluida yang mengalir melalui sebuah pipa dapat dipandang terdiri atas lapisan–lapisan tipis zatalir yang bergerak dengan laju berbeda–beda sebagai akibat adanya gaya kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dalam satuan poise. Viskositas juga bisa diartikan kemampuan suatu zat untuk mengalir pada suatu media tertentu. Salah satu cara untuk mengukur besarnya nilai viskositas zat cair adalah dengan menggunakan viskosimeter *Brookfield*.

2.9.3 Massa Jenis (Densitas)

Massa jenis atau densitas adalah pengukuran massa tiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa tiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah. Satuan SI massa jenis adalah kg/m^3 . Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama (Santoso, 2010)

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (3)$$

$$\rho = \frac{m_{\text{sampel}} - m_{\text{aquades}}}{V_{\text{piknometer}}} + \rho_{\text{aquades}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana: ρ = Massa jenis (gr/ml)

m_{samp} = Massa minyak (gr)

m_{aqua} = Massa minyak (gr)

V_{pikno} = Volume piknometer (ml)

ρ_{aqua} = Massa jenis aquades pada temperature 40°C (gr/ml)

2.9.4 Titik Nyala (Flash Point)

Titik nyala adalah titik temperatur pada keadaan di mana uap di atas permukaan bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak). Titik nyala menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin titik nyala, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. Menurut Standar Nasional Indonesia memiliki batas standard minimal sebesar 1000°C (Juanda, 2017).

2.10 Parameter Perhitungan Kinerja Motor Bakar

Mengacu pada Modul Praktikum Motor Bakar Laboratorium Motor Bakar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. (Anonim, 2008) Adapun parameter kinerja motor bakar bensin dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut :

2.10.1 Daya Efektif (kW)

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Perbandingan perhitungan daya terhadap berbagai macam motor tergantung pada putaran mesin dan momen putar, semakin cepat putaran mesin, rpm yang dihasilkan akan semakin besar, sehingga daya yang dihasilkan juga semakin besar, begitu juga momen putar motornya, semakin banyak jumlah gigi pada roda giginya semakin besar torsi yang terjadi. Dengan demikian, jumlah putaran (rpm) dan besarnya momen putar atau torsi mempengaruhi daya motor yang dihasilkan oleh sebuah motor (Sugeng, 2013).

$$BP = \frac{1}{1000} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{60} (kW)$$

$$BP = 0,1047 \cdot 10^{-3} \cdot N \cdot T (kW) \dots\dots\dots (5)$$

- dimana :
- BP = Daya efektif (kW)
 - N = Putaran poros (rpm)
 - T = Momen Torsi (N.m)
 - 0,1047 = Kecepatan sudut, (rad/s)
 - 10⁻³ = Faktor konversi Watt ke kW
 - 60 = Konversi detik ke menit

2.10.2 Komsumsi Bahan Bakar (kg/h)

Konsumsi bahan bakar menunjukkan jumlah pemakaian bahan bakar yang dihitung dengan jalan mengukur waktu yang diperlukan oleh mesin untuk menghabiskan sejumlah bahan bakar yang terdapat pada gelas ukur, dapat dihitung dengan persamaan:

$$FC = \frac{VGU \cdot 10^{-3} \cdot \rho_f \cdot 3600}{W} \left(\frac{kg}{h} \right) \dots\dots\dots (6)$$

- dimana :
- FC = Komsumsi Bahan Bakar (kg/h)
 - VGU = Volume gelas ukur (VGU = 15 cc)
 - ρ_f = Massa jenis bahan bakar (kg/h)
 - 10⁻³ = Faktor konversi cc ke dm³
 - 3600 = Faktor konversi detik ke jam
 - W = Waktu konsumsi bahan bakar (s)

2.10.3 Komsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.h)

Konsumsi bahan bakar spesifik menyatakan jumlah bahan bakar untuk menghasilkan satu kW setiap satu satuan waktu pada beban

tertentu. SFC merupakan parameter keekonomisan suatu motor bakar. Parameter ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$SFC = \frac{FC}{BP} \text{ (kg/kW.h)} \dots\dots\dots(7)$$

dimana : SFC = Komsumsi bahan bakar spesifik, (kg/kW.h)

FC = Komsumsi bahan bakar (kg/h)

2.10.4 Laju Aliran Udara Aktual (kg/h)

Jumlah pemakaian udara sebenarnya diukur menggunakan sebuah plat orifice sisi tajam dengan diameter 20 mm yang dihubungkan sebuah manometer presisi. Perbedaan tekanan akibat aliran udara melintasi plat orifice diukur oleh manometer, menggambarkan komsumsi udara yang sanggup dihisap oleh mesin selama langkah pemasukan. Laju aliran udara actual dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Ma = kd \cdot \frac{\pi}{4} \cdot Do^2 \cdot C \cdot \rho_a \text{ (kg/h)} \dots\dots\dots(8)$$

Hubungan antara beda tekanan dengan ekspansi gas diberikan oleh persamaan berikut :

$$Ho = \frac{\rho_a \cdot C}{2} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(9)$$

Karena beda tekanan pada manometer terukur dalam dimensi mmH₂O, dimana 1 mmH₂O = 9,81 N/m², maka persamaan menjadi,

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot ho}{\rho_a}} \dots\dots\dots(10)$$

Dari hasil pengujian ternyata bahwa beda tekanan pada manometer dan kondisi ruangan merupakan variabel, maka persamaan menjadi,

$$Ma = K_d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_o^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot 4,4295 \cdot \sqrt{h_o \cdot \rho_{ud}} \text{ (kg/h) } \dots\dots\dots(11)$$

- dimana :
- M_a = Laju aliran udara aktual (kg/h)
 - K_d = Koefisien discharge (0,6)
 - H_o = Beda tekanan pada manometer (mmH₂O)
 - ρ_{ud} = Massa jenis udara (kg/m³)
 - 10^{-6} = Faktor konversi dari mm² ke m²
 - D_o = Diameter orifice (20 mm)

2.10.5 Laju Aliran Udara Teoritis (kg/h)

Banyaknya bahan bakar yang dapat terbakar sangat bergantung pada jumlah udara yang terhisap selama langkah pemasukan, karena itu perlu diperhatikan berapa jumlah udara yang dikonsumsi selama pemasukan. Dalam keadaan teoritis, jumlah massa udara yang dapat masuk ke dalam ruangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$M_{th} = \frac{V_s \cdot 10^{-3} \cdot N \cdot 60 \cdot \rho_{ud}}{K_a} \text{ (kg/h) } \dots\dots\dots(12)$$

dan,

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot s \cdot z}{4 \cdot 10^6} \dots\dots\dots(13)$$

- dimana :
- M_{th} = Laju udara secara teoritis (kg/h)
 - V_s = Volume selinder (mm³)
 - 10^{-3} = Faktor konversi dari cc ke liter
 - K_a = 2 (konstanta untuk motor 4 langkah)
 - d = Diameter selinder (87,5 mm)
 - s = Panjang langkah selinder (110 mm)

z = Jumlah selinder

2.10.6 Perbandingan Udara dan Bahan Bakar

Perbandingan udara bahan bakar sangat penting bagi pembakaran sempurna. Komsumsi udara bahan bakar yang dihasilkan, akan sangat mempengaruhi laju dari pembakaran dan energi yang dihasilkan. Secara umum *air-fuel ratio* (AFR) dapat dihitung dengan persamaan :

$$AFR = \frac{Ma}{FC} \dots\dots\dots(14)$$

2.10.7 Efisiensi Volumetrik (%)

Efisiensi volumetrik adalah perbandingan antara jumlah udara terhisap sebenarnya pada proses penghisapan, dengan jumlah udara teoritis yang mengisi volume langkah pada saat temperatur dan tekanan sama. Dengan demikian efisiensi volumetric (η_{vo}) dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$\eta_{vo} = \frac{Ma}{M_{th}} \cdot 100 \text{ (\%)} \dots\dots\dots(15)$$

2.10.8 Efisiensi Thermis (%)

Efisiensi thermis didefinisikan sebagai perbandingan besarnya energi kalor yang diubah menjadi daya efektif dengan jumlah kalor bahan bakar yang disuplai ke dalam selinder. Parameter ini menunjukkan kemampuan suatu mesin untuk mengkonversi energi kalor dari bahan bakar menjadi energi mekanik. Efisiensi thermis (η_{th}) dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$\eta_{th} = \frac{BP}{Q_{tot}} \text{ (\%)} \dots\dots\dots(16)$$

dan,

$$Q_{tot} = \frac{FC \cdot LHV_{bb}}{3600} \text{ (kW)} \dots\dots\dots(17)$$

dimana : LHV_{bb} = Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)