

Tugas Akhir

**ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1 DENGAN
VARIASI KOMPRESI DAN MENGGUNAKAN BAHAN
BAKAR PREMIUM, PERTALITE DAN PERTAMAX**

Oleh :
EGHA RETNOKTAPIAN
D211 15 014



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

2019



Tugas Akhir

**ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1
DENGAN VARIASI RASIO KOMPRESI DAN
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR PREMIUM, PERTALITE
DAN PERTAMAX**

**Oleh :
EGHA RETNOKTAPIAN
D211 15 014**

Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Uneversitas Hasanuddin

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2019



LEMBAR PENGESAHAN

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

JUDUL :

ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1 DENGAN VARIASI RASIO KOMPRESI DAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR PREMIUM, PERTALITE DAN PERTAMAX

EGHA RETNOKTAPIAN

D211 15 014

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Baharuddin Mire, ST., MT.
NIP. 19550914 198702 1 001


Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT.
NIP. 19791112 200812 2 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT.
NIP. 19570914 198703 1 001



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Egha Retnoktapian

Tempat Tanggal Lahir: Karangan, 22 Oktober 1996

Alamat : Jln. Abdullah Daeng Sirua, Lorong 11 no.18, Kecamatan
Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan

Riwayat Pendidikan : - SDN 292 Inpres Karangan

- SMP Katolik Minanga

- SMAN 2 Mengkendek

Riwayat Organisasi : - PMR (Palang Merah Remaja)

- KMKO Mesin

- KMKO Teknik

- HMM FT-UH



ABSTRAK

Motor bensin adalah suatu tipe mesin pembakaran dalam 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 dengan bantuan bunga api yang berasal dari percikan busi untuk menghasilkan gas pembakaran. Untuk mengetahui kinerja mesin dapat dilihat dari daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik, rasio udara bahan bakar, efisiensi volumetris dan efisiensi termis. Pengukuran kinerja mesin bensin dapat diamati melalui *engine soft*. Dari daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik, rasio udara-bahan bakar, efisiensi volumetris dan efisiensi termis dapat dihitung. Pengujian dilakukan pada tiga bahan bakar yaitu ; premium, pertalite dan pertamax. Dengan memvariasikan rasio kompresi pada motor bensin kita dapat mengetahui kinerjanya. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini adalah, nilai daya efektif tertinggi terdapat pada bahan bakar pertamax, rasio kompresi 10, pada putaran 1800 rpm, sebesar 3,18 kW. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik yang paling ekonomis terdapat pada putaran 1500 rpm, rasio kompresi 8, sebesar 0,341 kg/kW.h pada bahan bakar pertalite . Untuk rasio udara-bahan bakar yang sesuai dengan standar operasional dari rasio kompresi 6, 8 dan 10 adalah bahan bakar pertalite. Untuk efisiensi volumetris yang tertinggi terdapat pada bahan bakar premium, rasio kompresi 8, pada putaran 1200 rpm, sebesar 54,91 %. Untuk efisiensi termis tertinggi terjadi pada bahan bakar pertalite rasio kompresi 8, pada putaran 1500 rpm sebesar 25,86 %.

Kata Kunci: Bahan Bakar, Rasio Kompresi, kinerja motor bensin.



ABSTRACT

Gasoline engine is one type of internal combustion engine that can convert heat energy from fuel into mechanical energy into shaft power at the crankshaft rotation. The heat energy is obtained from the fuel that produced with air in the combustion chamber with the help of sparks which race from the spark plugs to produce combustion gases. To find out the engine performance, it can be seen from the effective power, specific fuel consumption, fuel air ratio, volumetric efficiency and thermal efficiency. Measuring the performance of a gasoline engine can be done through a engine soft. From the effective power, the specific fuel consumption, air-fuel ratio, volumetric efficiency and thermal efficiency can be calculated. Tests are carried out on three fuels that are; premium, pertalite and Pertamina. By varying the compression ratio on the gasoline motor we can find out the performance. The results obtained from this test are, the highest effective power value in Pertamina fuel, compression ratio 10, at 1800 rpm, at 3.18 kW. For the most economical specific fuel consumption at 1500 rpm, a compression ratio of 8 is 0.341 kg / kW.h on pertalite fuel. For the air-fuel ratio that matches the operational standards of the compression ratio of 6, 8 and 10 is the pertalite fuel. For the highest volumetric efficiency in premium fuel, the compression ratio 8, at 1200 rpm, is 54.91%. For the highest efficiency occurs in the fuel ratio ratio 8, at 1500 rpm rotation of 25.86%.

Keywords: Fuel, Compression Ratio, gasoline engine performance.



KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan puji bagi Tuhan Yesus Kristus 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 Rasio Kompresi dan Menggunakan Bahan Bakar Premium, Peralite dan Pertamina**”. 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.

Terwujud 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. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Dr. Ir Ilyas Renreng, MT., selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Ir. Baharuddin Mire, MT, selaku Kepala Laboratorium Motor Bakar Departemen Mesin FT-UH yang, sekaligus Pembimbing I yang telah membimbing penulis sampai selesai mengerjakan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Eng Novriany Amaliah, ST.MT, selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir

i.

Bapak Dr.Ing.Ir. Wahyu Haryadi Piarah, MSME selaku Penguji sekaligus dosen matakuliah sistem pembangkit daya dan mesin pendingin.



6. Ibu Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT. selaku Penguji sekaligus dosen matakuliah mesin pending.
7. Bapak Dr. Eng. Erwin Eka Putra, ST.MT, selaku dosen matakuliah sistem pembangkit daya yang telah mendampingi dan mengarahkan selama pengambilan data di Laboratorium Motor Bakar.
8. Bapak Muis Tola, selaku Laboran di Laboratorium Motor Bakar yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data.
9. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membimbing dan memberikan ilmunya selama Penulis mengenyam pendidikan di Kampus.
10. Bapak Ir.Machmud Syam, DEA, selaku dosen matakuliah matakuliah sistim pembangkit daya yang telah mengarahkan dalam pengambilan data.
11. Kak Firdan, yang banyak membantu dalam penulisan skripsi.
12. Bapak/Ibu Staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala urusan administrasi.
13. Papa Mama dan Oma Opa yang telah merawat, mendidik dan memberi semangat di setiap waktu.
14. Pihak keluarga terutama saudara(i) penulis yang telah memberikan dorongan semangat dan bantuan materi untuk menyelesaikan pendidikan.
15. Sari, yang selalu memberi semangat, memberi masukan dan menemani dalam mengerjakan tugas akhir ini, dan semoga cepat dapat gelar ST, semangat dan jangan pernah berhenti untuk belajar.
16. Teman-teman seperjuangan, KMKO Mesin 2015, yang berproses bersama di Fakultas Teknik UNHAS.
17. Teman-teman seperjuangan, KMKO Teknik 2015, yang berproses bersama di Fakultas Teknik UNHAS.
18. Teman-teman seperjuangan, Teknik Mesin 2015 ,yang telah berproses bersama di Fakultas Teknik Unhas semoga kesuksesan selalu meyretai kita semua.



19. Teman-teman di Laboratorium Motor Bakar, Teknik Mesin FT-UH, yang telah bersama-sama mengerjakan tugas akhir semoga senantiasa dilancarkan segala urusannya.
20. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu penulis memohon maaf atas segala kesalahan, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Makassar, 2 Desember 2019

Penulis,



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Motor Bensin	7
2.2 Karakteristik Motor Bensin	7
2.3 Proses Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	8
2.4 Siklus Ideal	11
Variabel Rasio Kompresi.....	12
Perbandingan Rasio Kompresi.....	13
Udara-Bahan Bakar dan Rasio Udara-Bahan Bakar	14



2.8 Efisiensi Pembakaran.....	15
2.9 Bahan Bakar Hidrokarbon	15
2.9.1 Bahan Bakar Bensin	15
2.9.2 Berat Jenis Bahan Bakar	18
2.9.3 Nilai Kalor Bahan Bakar	18
2.9.4 Penguapan Bahan Bakar	18
2.9.5 Karakteristik Volatilitas	19
2.9.6 Karakteristik Pembakaran	19
2.10 Dasar-Dasar Perhitungan Kinerja Motor Bakar.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Tempat Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.2.1 Alat Penelitian	26
3.2.2 Bahan Penelitian	29
3.3 Metode Pengambilan Data.....	30
3.4 Metode Pengujian.....	31
3.5 Prosedur Pengambilan Data.....	32
3.6 Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pengolahan Data Hasil Perhitungan.....	34
4.2 Pembahasan Hasil Perhitungan.....	37
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
APPENDIS	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja motor bensin 4 langkah	10
Gambar 2.2 Diagram P vs v dari volume konstan	12
Gambar 3.1 Mesin Bensin model TV1	26
Gambar 3.2 Panel Mesin	27
Gambar 3.3 Komputer.....	28
Gambar 3.4 Pompa	28
Gambar 3.5 Pertamina.....	29
Gambar 3.6 Premium	29
Gambar 3.7 Pertalite	29
Gambar 3.8 Diagram alir penelitian	30
Gambar grafik 4.1 Daya efektif vs putaran pada rasio kompresi 6 : 1	39
Gambar grafik 4.2 Daya efektif vs putaran pada rasio kompresi 8 : 1	40
Gambar grafik 4.3 Daya efektif vs putaran pada rasio kompresi 10 : 1	42
Gambar grafik 4.4 Komsumsi bahan bakar vs putaran pada rasio kompresi 6 : 1	44
Gambar grafik 4.5 Komsumsi bahan bakar vs putaran pada rasio kompresi 8 : 1	46
Gambar grafik 4.6 Komsumsi bahan bakar vs putaran pada rasio kompresi 10 : 1	48
Gambar grafik 4.7 Rasio Udara-Bahan bakar vs putaran pada rasio kompresi 6 : 1	50
Gambar grafik 4.8 Rasio Udara-Bahan bakar vs putaran pada rasio kompresi 8 : 1	52
Gambar grafik 4.9 Rasio Udara-Bahan bakar vs putaran pada rasio kompresi 10 :	43



Gambar grafik 4.10 Efisiensi volumetris vs putaran pada rasio kompresi 6 : 1	55
Gambar grafik 4.11 Efisiensi volumetris vs putaran pada rasio kompresi 8 : 1	57
Gambar grafik 4.12 Efisiensi volumetris vs putaran pada rasio kompresi 10 : 1	58
Gambar grafik 4.13 Efisiensi thermis vs putaran pada rasio kompresi 6 : 1	60
Gambar grafik 4.14 Efisiensi thermis vs putaran pada rasio kompresi 8 : 1	62
Gambar grafik 4.15 Efisiensi thermis vs putaran pada rasio kompresi 10 : 1	63



DAFTAR TABEL

Tabel 4.2.1 Hasil Perhitungan dengan bukaan katup 40 %.....	37
Tabel 4.2.2 Hasil Perhitungan dengan bukaan katup 40 %.....	38



DAFTAR SIMBOL

<i>PK</i>	Perbandingan kompresi	-
V_L	Volume langkah	mm^3
V_c	Volume kompresi	mm^3
<i>AFR</i>	Rasio udara-bahan bakar	-
M_a	Laju aliran udara aktual	kg/h
<i>FC</i>	Konsumsi bahan bakar	kg/h
<i>BP</i>	Daya efektif	kW
N	Putaran poros	rpm
T	Momen Torsi	N.m
<i>VGU</i>	Volume gelas ukur	cc
ρ_f	Massa jenis bahan bakar	kg/h
W	Waktu konsumsi bahan bakar	s
<i>SFC</i>	Konsumsi bahan bakar spesifik	kg/kW.h
H_o	Beda tekanan dalam manometer	N/m^2
ρ_a	Massa jenis udara pada kondisi masuk	kg/m^3
C	Kecepatan aliran udara	m/s
K_d	Koefisien discharger	-
D_o	Diameter orifice	mm
H_o	Beda tekanan pada manometer	mmH ₂ O
P_{ud}	Massa jenis udara	kg/m^3
	Laju udara secara teoritis	kg/h
	konstanta untuk motor 4 langkah	-
	Diameter selinder	mm



s	Panjang langkah selinder	mm
z	Jumlah selinder	-
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 (Muamar, 2015).

Motor bakar 4 langkah adalah salah satu mekanisme yang mengubah energi kimia menjadi energi panas kemudian dirubah menjadi energi mekanik dengan empat proses yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah ekspansi dan langkah buang. Kompresi pada mesin merupakan perbandingan tekanan udara dengan 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 dan suhu yang semakin besar pula (Robertus dkk, 2015).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sempurna atau tidaknya proses pembakaran terutama adalah kualitas bahan bakar, yaitu bahan bakar yang memiliki ketahanan terhadap detonasi yang baik; kedua kondisi ruang bakar, ruang bakar harus bebas dari kerak-kerak yang menempel; ketiga perbandingan campuran antara



bahan bakar dengan udara; keempat sistem pengapian, yaitu suatu sistem pada motor bensin yang digunakan untuk menghasilkan loncatan bunga api pada busi sehingga bahan bakar dan udara dapat terbakar di dalam ruang bakar; kelima tekanan kompresi, yaitu tekanan gas maksimum saat akhir langkah kompresi; keenam sistem kelistrikan (Nurliansyah, 2013).

Oleh sebab itu 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 (Irwan, 2015). Begitupula apabila menggunakan bahan bakar premium pertalite dan pertamax akan mempengaruhi kinerja mesin.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya dengan memvariasikan perbandingan kompresi akan mempengaruhi kinerja mesin, diantaranya mencakup daya efektif, konsumsi bahan bakar rasio udara-bahan bakar, efisiensi volumetris serta efisiensi thermis, sehingga penulis melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi rasio kompresi dengan menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax pada motor bensin TV1 dengan judul **“ANALISA KINERJA MOTOR BENSIN MODEL TV1 DENGAN VARIASI RASIO KOMPRESI DAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR PREMIUM, PERTALITE DAN PERTAMAX”**.



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana daya efektif yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax?
2. Bagaimana konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax?
3. Bagaimana rasio udara-bahan bakar yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax?
4. Bagaimana efisiensi volumetris yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium pertalite dan pertamax?
5. Bagaimana efisiensi thermis yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis daya efektif yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax.
2. Menganalisis konsumsi bahan bakar yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax.



3. Menganalisis rasio udara-bahan bakar yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax.
4. Menganalisis efisiensi volometris yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax.
5. Menganalisis efisiensi termis yang dihasilkan motor bensin model TV1 dengan rasio kompresi 6, 8 dan 10 menggunakan bahan bakar premium, pertalite dan pertamax.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar premium, pertalite dan pertamax
2. Buka katup gas 40 %
3. Rasio kompresi yang diteliti 6, 8 dan 10.
4. Putaran yang digunakan berkisar dari 1200-1800 rpm
5. 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 (η_{vol})
 - Efisiensi Termis (η_{th})



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 yang sesuai dengan rasio kompresi kendaraan yang digunakan pada motor bensin.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari 5 bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

1. Bab I Pendahuluan

Bagian pendahuluan berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

2. Bab II Landasan Teori

Bab ini berisi beberapa teori penunjang yang mendasari penyusunan tugas akhir ini. Adapun teori yang ada pada bab ini adalah teori yang berkaitan erat dengan pengetahuan dasar motor bakar (*internal combustion engine*).

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini akan dipaparkan mengenai tahap-tahap pengujian kinerja mesin bensin berdasarkan cara kerja Mesin bensin model TV1.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini dipaparkan mengenai pengolahan data dan hasil dari pengujian motor bensin yang dilakukan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat. Setelah melakukan pengujian maka pada bab ini berisikan tentang pembahasan atas hasil yang diperoleh.



5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan atas hasil yang diperoleh serta berisi tentang saran-saran atas kekurangan dan kelemahan tugas akhir ini.

Daftar Pustaka

Bab ini berisikan referensi yang digunakan untuk melengkapi Laporan tugas akhir.

Lampiran

Berisi lampiran-lampiran yang berkaitan dengan laporan tugas akhir.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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 Otto, 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).

2.3 Proses 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).



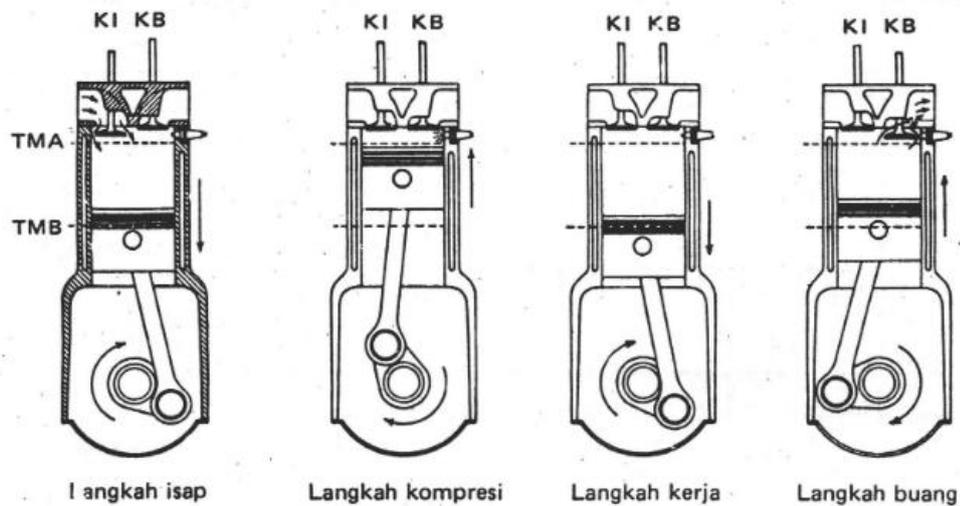
3. Langkah Usaha

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

Prinsip kerja motor bensin 4 langkah

Sumber : <http://sandydwi05.blogspot.com/2014/11/langkah-kerja-motor-bahan-bakar-bensin.html>

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)

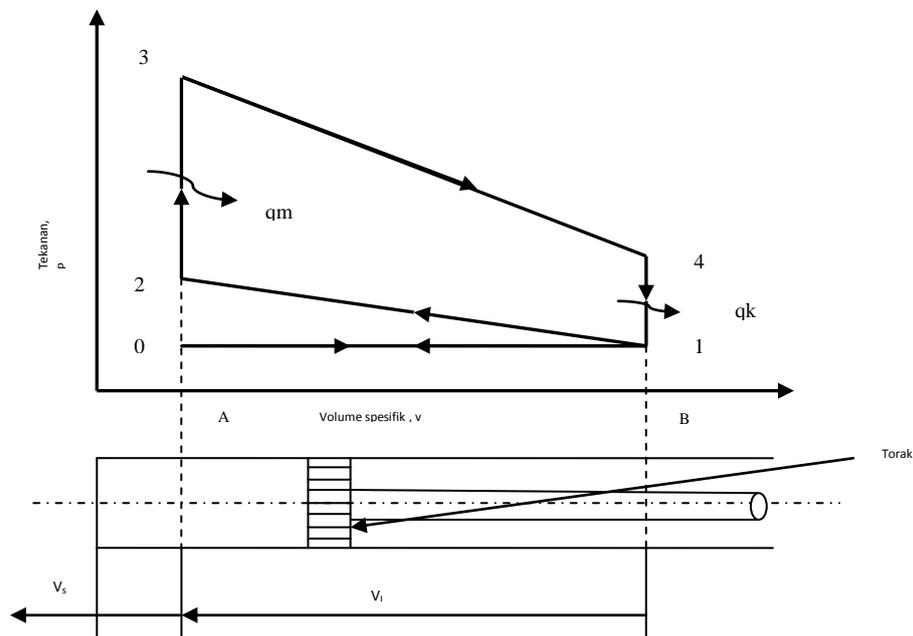


2.4 Skilus Ideal

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 :

1. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
2. Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
3. Langkah kompresi (1-2) ialah proses isintropik.
4. Proses pembakaran volume konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
5. Langkah kerja (3-4) ialah proses isontropik.
6. Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
7. Langkah buang (1-0) ialah proses tekanan konstan..
8. Siklus dianggap tertutup artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama atau gas yang berbeda di dalam selinder pada titik satu dapat dikeluarkan dari dalam selinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah isap berikutnya akan masuk sejumlah fluida kerja yang sama.





Gambar 2.2

Diagram P vs V dari volume konstan

Sumber : Wiranto (1988)

2.5 Variabel Rasio Kompresi (VCR)

Motor bensin ini 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 kotak yang terdiri dari kotak udara, dua tangki bahan bakar untuk uji campuran,

meter, pengukur bahan bakar, pemancar untuk pengukuran aliran udara bahan bakar, indikator proses dan mesin indikator. Rotameter disediakan untuk pengukuran aliran air pendingin dan aliran air kalorimeter pengukuran (Anonim, 2014).



Mesin yang digunakan adalah 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, juga 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. Termokopel 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 adalah mencirikan seberapa banyak campuran bahan bakar dan udara yang masuk didalam silinder pada langkah hisap, dan yang dimanfaatkan pada langkah kompresi.

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

Dimana :

PK = Perbandingan kompresi

V_L = Volume langkah

V_c = Volume kompresi (ruang bakar)



Angka perbandingan kompresi yang tinggi mengakibatkan tekanan pembakaran menjadi lebih tinggi. Dengan tekanan awal pembakaran 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 akan lebih besar pula momen yang dihasilkan, sehingga semakin besar tekanan hasil pembakaran di dalam silinder maka akan semakin besar 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 kelelahan yakni dengan tingginya tekanan pada akhir kompresi atau tekanan awal pembakaran berarti suhu dalam ruang kompresi juga akan naik. Apabila hal ini terjadi maka bisa terjadi detonasi (bila tekanan kompresi yang tinggi tidak diikuti dengan pemakaian bahan bakar yang beroktan tinggi) (Irwan, 2015).

2.7 Rasio Udara-Bahan Bakar

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 kondisi operasi :

$$AFR = \frac{Ma}{FC} \quad (2)$$

Rentang operasi normal untuk mesin SI konvensional yang menggunakan bahan bakar bensin adalah :

($12 \leq AFR \leq 18$) sedangkan bahan untuk mesin bahan bakar diesel, itu ($18 \leq AFR \leq 70$).



2.8 Efisiensi Pembakaran

Walaupun aliran udara dan bahan bakar ke mesin dikendalikan tepat pada kondisi stoikometri, pembakaran tidak akan “sempurna”, dan komponen selain dari CO_2 , H_2O , dan N_2 dijumpai dalam produk buang. Hal ini disebabkan karena singkatnya waktu yang tersedia untuk setiap siklus guna percampuran udara dan bahan bakar secara sempurna. Beberapa molekul bahan bakar tidak bergantung pada molekul oksigen untuk bereaksi dengannya sehingga sejumlah kecil bahan bakar maupun oksigen berakhir dibuang.

Dalam praktik, gas buang dari motor pembakaran dalam menghasilkan produk pembakaran tidak sempurna (misalnya, karbon monoksida, CO ; hidrokarbon tidak terbakar, HC) serta produk-produk pembakaran sempurna (CO_2 , H_2O). Saat beroperasi dengan campuran miskin, jumlah produk pembakaran yang tidak sempurna kecil. Tetapi, saat beroperasi dengan campuran kaya maka jumlah tersebut menjadi lebih besar karena tidak cukup tersedia oksigen untuk menyelesaikan pembakaran (Philip, 2015).

2.9 Bahan Bakar Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan senyawa di mana setiap molekulnya hanya mengandung hidrogen dan karbon yang dapat dibakar (dioksidasi), membentuk air (H_2O) atau karbondioksida (CO_2). 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).

2.9.1 Bahan Bakar Bensin

Bahan bakar bensin merupakan campuran senyawa hidrokarbon cair yang sangat *volatile*. 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 kemampuan bertahan 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 untuk terjadinya detonasi, sehingga campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan bisa optimal dan tenaga yang dihasilkan motor akan lebih besar serta konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit. Sifat-sifat fisik bahan bakar diketahui adalah sebagai berikut (Irwan, 2015). Ada beberapa jenisnya bahan bakar bensin, yaitu : pertamax, pertalite dan premium. Masing-masing jenis bahan bakar ini memiliki angka oktan yang berbeda-beda.

1. Pertamax

Merupakan bahan bakar bensin dengan angka oktan minimal 92 berstandar international. Pertamax sangat direkomendasikan untuk digunakan pada kendaraan yang memiliki kompresi rasio 10:1 hingga 11:1 atau kendaraan berbahan bakar bensin yang menggunakan teknologi setara dengan Electronic Fuel Injection (EFI). Dengan ecosave technology, Pertamax mampu membersihkan bagian dalam mesin (detergency), Pertamax juga dilengkapi dengan pelindung anti karat pada dinding tangki kendaraan, saluran bahan bakar dan ruang



bakar mesin (corrothion inhibitor), serta mampu menjaga kemurnian bahan bakar dari campuran air sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna (demulsifier). (Pertamina)

2. Peralite

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 Peralite 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, Peralite mampu menempuh jarak yang lebih jauh dengan tetap memastikan kualitas dan harga yang terjangkau. (Pertamina)

3. Premium

Merupakan bahan bakar mesin bensin dengan angka oktan minimal 88 diproduksi sesuai dengan Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Np.3674/K24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88. Premium dapat digunakan pada kendaraan bermotor bensin dengan risiko kompresi rendah (dibawah 9:1). (Pertamina)



2.9.2 Berat Jenis Bahan Bakar

Berat jenis adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat dari air dengan volume dan suhu yang sama. Semakin kecil berat jenis semakin baik kualitasnya karena lebih banyak mengandung bensin. Jika berat jenis tinggi maka banyak mengandung lilin/aspal residu. Residu adalah ampas atau endapan. Semakin banyak residu maka kualitas bahan bakar akan rendah yang mengakibatkan proses pembakaran terjadi kurang sempurna akibat endapan yang terlalu banyak dalam bahan bakar. Jika proses pembakaran kurang sempurna maka daya yang dihasilkan juga tidak maksimal.

2.9.3 Nilai Kalor Bahan Bakar

Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan jika 1 kg bahan bakar terbakar secara sempurna. Nilai kalor adalah suatu kemampuan 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.

2.9.4 Penguapan Bahan Bakar

Penguapan adalah kemampuan bahan bakar untuk berubah dari bentuk cair menjadi bentuk gas. Bahan bakar tidak boleh mempunyai nilai penguapan tinggi, karena mengurangi keiritan bahan bakar. Bahan bakar yang mudah menguap akan menghasilkan campuran bahan bakar dengan udara yang selalu kaya pada setiap keadaan (Irwan, 2015).



2.9.5 Karakteristik Volatilitas

Kemudahan bensin untuk menguap disebut volatilitas. Bensin volatilitas tinggi menguap sangat cepat, bensin volatilitas rendah lambat menguap. Bensin yang baik harus memiliki volatilitas yang tepat untuk iklim dimana bensin digunakan. Jika bensin terlalu mudah menguap dalam sistem bahan bakar maka akan dihasilkan suatu kondisi yang disebut sumbatan uap (*vapor lock*). Sumbatan uap adalah pembentukan uap dalam saluran bahan bakar dalam jumlah yang cukup untuk mencegah aliran bensin melalui sistem. Kondisi ini mengakibatkan kendaraan kekurangan suplai bahan bakar. Di musim panas dan di daerah beriklim panas, bahan bakar volatilitas mengurangi kecenderungan sumbatan uap (Philip, 2015).

2.9.6 Karakteristik Pembakaran

Karakteristik yang paling dibutuhkan pada bensin adalah karakteristik pembakarannya. Karakteristik yang menggambarkan kemampuan bahan bakar akan atau tidak menyala sendiri disebut angka oktan atau oktan. Peringkat oktan didasarkan pada ukuran kemampuan bahan bakar (bensin menahan detonasi). Semakin tinggi peringkat oktan, semakin kecil kemungkinan terjadi ledakan dini (*pre-ignition*) atau penyalaan sendiri (*self-ignition*). Kecenderungan penyalaan sendiri menimbulkan gejala ketukan (*knocking*). Kecenderungan ketukan ini berhubungan dengan rasio kompresi motor. Motor dengan rasio kompresi rendah dapat menggunakan bahan bakar dengan angka oktan lebih rendah, tetapi motor yang berkompresi tinggi harus menggunakan nilai angka oktan yang lebih tinggi untuk menghindari pengapian sendiri (Philip, 2015).



2.10 Dasar-Dasar Perhitungan Kinerja Motor Bakar

Parameter-parameter yang akan dijadikan sebagai perhitungan dalam pengujian ini sama dengan parameter penelitian Baharuddin Mire, yaitu :

1. Daya efektif (BP)
2. Komsumsi Bahan Bakar (FC)
3. Komsumsi Bahana Bakar (SFC)
4. Komsumsi Udara aktual (Maac)
5. Komsumsi Udara Teoritis (Matt)
6. Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)
7. Efisiensi Volumetris (η_{vol})
8. Efisiensi Thermis (η_{th})

1. Daya Efektif, BP (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 itu sendiri, 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). Maka daya efektif dari mesin merupakan karakteristik mesin dalam pembangkitan daya pada berbagai kondisi operasi, dapat dihitung menurut persamaan,

$$\begin{aligned}BP &= \frac{1}{1000} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{60} \text{ (kW)} \\BP &= 0,1047 \cdot 10^{-3} \cdot N \cdot T \text{ (kW)}\end{aligned}\tag{3}$$

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. Komsumsi bahan Bakar, FC (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 dari persamaan,

$$FC = \frac{VGU \cdot 10^{-3} \cdot \rho_f \cdot 3600}{W} \left(\frac{kg}{h} \right) \quad (4)$$

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 dm^3
- 3600 = Faktor konversi detik ke jam
- W = Waktu komsumsi bahan bakar, (s)

3. Komsumsi Bahan Bakar Spesifik, SFC (kg/kW.h)

Konsumsi bahan bakar spesifik menyatakan jumlah bahan bakar untuk menghasilkan suatu kW setiap satu satuan waktu pada beban tertentu. SFC merupakan parameter keekonomisan suatu motor bakar. Parameter ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$SFC = \frac{FC}{BP} \text{ (kg/kW.h)} \quad (5)$$

Dimana :

- SFC = Komsumsi bahan bakar spesifik, (kg/kW.h)
- FC = Komsumsi bahan bakar, (kg/h)



BP = Daya efektif, (kW)

4. Laju Aliran Udara aktual, Ma (kg/h)

Untuk mengukur jumlah pemakaian udara sebenarnya, digunakan 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 konsumsi udara yang sanggup di isap oleh mesin selama langkah pemasukan. Maka dari itu persamaan Ma adalah :

$$Ma = kd \cdot \frac{\pi}{4} \cdot Do^2 \cdot C \cdot \rho_a \text{ (kg/h)} \quad (6)$$

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

$$Ho = \frac{\rho_a \cdot C}{2} \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (7)$$

Dimana :

Ho = Beda tekanan dalam manometer, (N/m²)

ρ_a = Massa jenis udara pada kondisi masuk, (kg/m³)

C = Kecepatan aliran udara, (m/s)

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

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot ho}{\rho_a}} \quad (8)$$

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

$$Ma = Kd \cdot \frac{\pi}{4} \cdot Do^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot 4,4295 \cdot \sqrt{ho \cdot \rho_a} \text{ (kg/h)} \quad (9)$$

Dimana :

Ma = Laju aliran udara aktual, (kg/h)

Kd = Koefisien discharger, (0,6)



D_o = Diameter orifice, (20 mm)

H_o = Beda tekanan pada manometer, (mmH₂O)

ρ_{ud} = Massa jenis udara, (kg/m³)

10^{-6} = Faktor konversi dari mm² ke m²

3600 = Faktor konversi dari sekon ke jam

5. Laju Aliran Udara Teoritis, M_{th} (kg/h)

Banyaknya bahan bakar yang dapat terbakar sangat bergantung pada jumlah udara yang terisap selama langkah pemasukan, karna 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 :

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

Dan,

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

Dimana :

M_{th} = Laju udara secara teoritis, (kg/h)

V_s = Volume selinder (mm³)

10^{-3} = Faktor konversi dari cc ke liter

N = Putaran poros, (rpm)

ρ_{ud} = Massa jenis udara, (kg/m³)

K_a = 2 (konstanta untuk motor 4 langkah)

d = Diameter selinder, (87,5 mm)

s = Panjang langkah selinder, (110 mm)

z = Jumlah selinder (1)



Perbandingan Udara dan Bahan Bakar, AFR

Perbandingan udara bahan bakar sangat penting bagi pembakaran sempurna. Konsumsi udara bahan bakar yang dihasilkan

akan sangat mempengaruhi laju dari pembakaran dan energi yang dihasilkan. Secara umum *air fule consumption* dapat dihitung dengan persamaan :

$$AFR = \frac{Ma}{FC} \quad (11)$$

Dimana :

AFR = Perbandingan udara dan bahan bakar

Ma = Laju aliran udara aktual, (kg/h)

FC = kumsumsi bahan bakar, (kg/h)

7. Efisiensi Volumetrik, η_{vol} (%)

Efisiensi volumetris adalah perbandingan antara jumlah udara terisap sebenarnya pada proses pengisapan, dengan jumlah udara teoritis yang mengisi volume langkah pada saat temperatur dan tekanan sama. Dengan demikian η_{vo} dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$\eta_{vo} = \frac{Ma}{M_{th}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (12)$$

Dimana :

η_{vo} = Efisiensi volumetris, (%)

Ma = Laju aliran udara aktual, (kg/h)

M_{th} = Laju aliran udara teoritis, (kg/h)

8. Efisiensi Thermis, η_{th} (%)

Efisiensi thermis didefenisikan sebagai perbandingan besarnya energi kalor yang di ubah menjadi daya efektif dengan jumlah kalor bahan bakar yang disuplei ke dalam selinder (Anonim, 2019). Parameter ini menunjukkan kemampuan suatu mesin untuk mengkonversi energi kalor dari bahan bakar menjadi energi mekanik. η_{th} dapat dihitung dengan rumus berikut,

$$\eta_{th} = \frac{BP}{Q_{tot}} \quad (\%) \quad (13)$$



dan,

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

Dimana :

η_{th} = Efisiensi termis, (%)

Q_{tot} = Kalor total yang di suplai, (kW)

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

= nilai kalor untuk bahan bakar premium
39692 kJ/kg

= nilai kalor untuk bahan bakar pertalite
40923 kJ/kg

= nilai kalor untuk bahan bakar pertamax
42202 kJ/kg

3600 = Faktor konversi jam ke detik

BP = Daya efektif, (kW)

