

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Kalor

Mesin kalor adalah suatu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran, proses pembakaran juga mengubah energi tersebut yang terjadi didalam dan diluar mesin kalor (Kiyaku dan Murdhana, 1998)

Ditinjau dari cara memperoleh energi thermal ini, mesin kalor dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu:

1. Mesin pembakaran luar (*external combustion engine*).
2. Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*).

Pada mesin pembakaran luar, proses pembakaran terjadi diluar mesin. Energi thermal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Contohnya mesin uap. Semua energi yang diperlukan oleh mesin itu mula-mula meninggalkan gas hasil pembakaran yang tinggi temperaturnya. Melalui dinding pemisah kalor atau ketel uap, energi itu kemudian masuk kedalam fluida kerja yang kebanyakan terdiri dari air atau uap. Dalam proses ini temperatur uap dan dinding ketel harus jauh lebih rendah dari pada temperatur gas hasil pembakaran itu untuk mencegah kerusakan material ketel. Dengan sendirinya tinggi

temperatur fluida kerja, jadi efisiensinya juga sangat dibatasi oleh kekuatan material yang dipakai.

Mesin pembakaran dalam pada umumnya dikenal dengan nama motor bakar. Mesin pembakaran dalam dapat dikelompokkan menjadi:

1. Motor bakar piston.
2. Sistem turbin gas.
3. Propulsi pancar gas.

Proses pembakaran berlangsung didalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Jenis mobil atau kendaraan didasarkan atas mekanisme pembakaran yang digunakan dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu motor diesel dan motor bensin.

2.2 Motor Bensin

Motor Bensin menggunakan mekanisme penyalaan dengan bunga api. Bahan bakar ditekan sampai tekanan tertentu yaitu: 15 s/d 22 kg/cm² kemudian diberi percikan bunga api dari busi agar terjadi proses pembakaran, sedangkan mekanisme pembakaran motor Diesel dikenal dengan sebutan penyalaan kompresi. Udara dikompresi sampai tekanan 25 s/d 32 kg/cm² agar mencapai titik nyala dan bahan bakar terbakar dengan sendirinya. Motor Bensin menggunakan bahan bakar bensin selain harganya lebih murah, bahan bakar bensin juga lebih banyak dipakai oleh masyarakat umum. Karena perbandingan tekanan pada mekanisme penyalaan

kompresi yang relatif stabil dan tidak memerlukan konstruksi yang lebih kokoh, pada umumnya harga mobil dengan menggunakan mesin Bensin lebih murah dari pada mobil dengan menggunakan motor Diesel untuk kelas yang sama.

Motor bakar piston mempergunakan beberapa silinder yang didalamnya terdapat piston yang bergerak *translasi* (bolak-balik). Didalam silinder itulah terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Gas pembakaran yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan piston yang oleh batang penghubung (*connecting rod*) dihubungkan dengan poros engkol (*crankshaft*). Gerak translasi piston tadi menyebabkan gerak *rotasi* (berputar) pada poros engkol dan sebaliknya gerak rotasi poros engkol menimbulkan gerak translasi pada piston. (Wiranto, 1998)

Tabel 2.1 Perbandingan utama antara motor bensin dan motor diesel

	Motor Bensin	Motor Diesel
Siklus pembakaran	Siklus Otto	Siklus diesel dan siklus gabungan
Perbandingan kompresi	15 – 22	25 – 32
Pencampuran bahan bakar	Dicampur dalam karburator	Diinjeksikan
Metode pembakaran	Percikan busi	Terbakar sendiri
Metode bahan bakar	Karburator	Pompa injeksi dan nozzle
Bahan bakar	Bensin	Solar
Getaran dan suara	Kecil	Besar
Efisiensi panas %	22 – 30	30 – 40

2.3 Definisi Motor bakar

Motor bakar adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energy termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, dimana proses pembakaran berlangsung didalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis (Wardono, 2004).



Gambar 2.1 Motor bakar torak 1 silinder

(Sumber: http://www.isuzu-astra.com/service_engine.php 2018)

2.4 Prinsip Kerja Motor Bensin

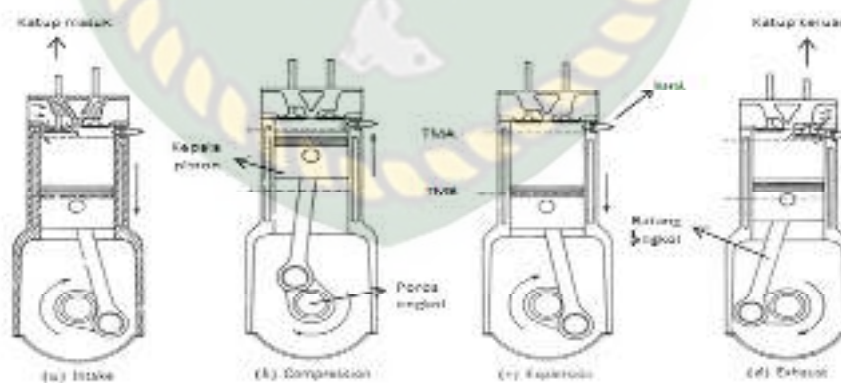
Prinsip kerja motor bensin adalah mesin yang bekerja memanfaatkan energi hasil gas panas atau hasil proses pembakaran, dimana proses pembakaran terjadi didalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran berfungsi sebagai fluida kerja menjadi tenaga atau energi panas (Hidayat,2012:14)

Motor bensin jenis torak yang gerakan torak merupakan gerakan bolak-balik

(translasi) diubah menjadi gerak putar oleh poros engkol. Gerak putar atau rotasi lebih mudah untuk digunakan sebagai kebutuhan manusia.

2.5 Motor bensin Empat Langkah (4 Tak)

Motor empat langkah adalah motor yang menyelesaikan satu siklus pembakaran dalam empat langkah torak atau dua kali putaran poros engkol jadi dalam satu siklus kerja telah mengadakan proses pengisian, kompresi dan penyalaan, ekspansi serta pembuangan (Heywood,1998). Dibandingkan dengan motor 2tak ,motor 4 tak lebih sulit dalam perawatan karena banyak komponen-komponen pada bagian mesinnya.Pada motor empat tak titik paling atas yang mampu dicapai oleh gerakan torak disebut titik mati atas(TMA), sedangkan titik terendah yang mampu dicapai torak pada silinder disebut titik mati bawah (TMB).Dengan asumsi bahwa katup masuk dan katup buang terbuka tepat pada waktu piston berada pada TMA dan TMB, maka siklus motor 4 (empat) langkah dapat diterangkan sebagai berikut :



Gambar 2.2.Siklus motor bakar 4 langkah

(Sumber: Heywood, 1998)

2.6 Siklus Otto Siklus udara Volume Konstan

Siklus Otto pada mesin bensin disebut juga dengan siklus volume konstan, dimana pembakaran terjadi pada saat volume konstan. Pada mesin bensin dengan siklus Otto dikenal dua jenis mesin, yaitu mesin 4 langkah (*four stroke*) dan 2 langkah (*two stroke*). Untuk mesin 4 langkah terdapat 4 kali gerakan piston atau 2 kali putaran poros engkol (*crank shaft*) untuk tiap siklus pembakaran, sedangkan untuk mesin 2 langkah terdapat 2 kali gerakan piston atau 1 kali putaran poros engkol untuk tiap siklus pembakaran. Sementara yang dimaksud langkah adalah gerakan piston dari TMA (Titik Mati Atas) atau *TDC (Top Death Center)* sampai TMB (Titik Mati Bawah) atau *BDC (Bottom Death Center)* maupun sebaliknya dari TMB ke TMA, dapat dilihat pada gambar 2.7 diagram P-V:



Gambar 2.3 Diagram p-v siklus Otto

(Sumber : Wiranto. 2002)

Pada diagram terlihat proses dari gerakan piston motor bensin dimana proses yang terjadi adalah sebagai berikut :

0-1: Proses langkah hisap (Isentropic)

Pemasukan udara dan bahan bakar (Isentropic) dimana volume berubah sedangkan tekanan konstan.

1-2 : Proses langkah kompresi (*Adiabatis*), tekanan meningkat dan volume mengecil.

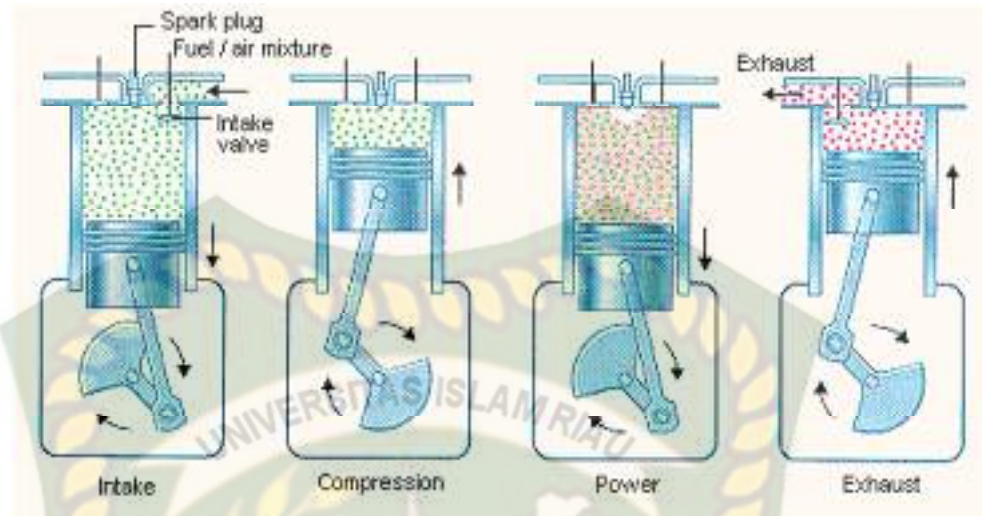
2-3: Proses langkah pemasukan kalor (*Isokhorik*) atau dimana busi memercikkan bunga api pada volume konstan dan tekanan meningkat.

3-4 : proses langkah ekspansi atau langkah kerja (*Adiabatis*) dengan tekanan menurun dan volume membesar.

4-0 : proses langkah pembuangan kalor (*Isokhorik*) dimana tekanan menurun sedangkan volume konstan.

2.7 Sistem kerja motor bakar 4 langkah

Motor bensin 4 langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan 4 langkah torak dan 2 kali putaran poros engkol. Adapun prinsip kerja motor 4 langkah dapat dilihat pada (gambar 2.8) dibawah ini



Gambar 2.4 Skema gerakan torak 4 langkah

(Sumber: Arismunandar 2018)

Prinsip kerja motor 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.7.1 Langkah hisap (*Isentropi*)

Langkah hisap ditandai dengan piston bergerak dari TMA menuju TMB dengan tanda katup masuk terbuka dan katub buang tertutup. Saat langkah hisap didalam silinder terjadi kevakuman negatif yang mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara masuk ke silinder (Hidayat, 2012).



Gambar 2.5 Langkah hisap

(Sumber: http://www.isuzu-astra.com/service_engine.php 2018)

Katup masuk pada langkah hisap sudah terbuka sebelum piston bergerak ke TMA dengan tujuan untuk menghasilkan lubang masuk bahan bakar yang lebih lama. Waktu piston bergerak menuju TMB maka akan terjadi kevakuman sehingga akan terjadi tahanan aliran campuran bahan bakar dan udara yang mengakibatkan volume silinder dibawah 100%. Putaran mesin yang tinggi maka kevakuman tersebut akan rendah sehingga volume bahan bakar dan udara yang masuk juga sedikit dan daya mesin akan berkurang pada putaran yang tinggi.

Mesin menggunakan pemasukan bahan bakar dan udara dengan tekanan maka kevakuman yang rendah saat putaran tinggi dapat dihilangkan. Kelemahan dari cara

ini adalah sebagian dari gas buang yang berada pada ruang bakar hanya akan di buang oleh energi gerakan.

Peristiwa tersebut dapat dikurangi oleh proses *overlapping* katup, namun akan selalu ada gas buang yang tertinggal didalam silinder (Arends, 1980).

2.7.2 Langkah kompresi (*Adiabatis*)

Langkah kompresi secara teori terjadi ketika piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan posisi katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup. Kenyataan yang terjadi langkah kompresi dimulai saat katup masuk tertutup.



Gambar 2.6 Langkah kompresi

(Sumber: http://www.isuzu-astra.com/service_engine.php 2018)

Langkah kompresi mengakibatkan campuran dan bahan bakar dikompres atau ditekan akibatnya tekanan dan temperaturnya naik sehingga mudah dalam proses pembakaran. Tekanan kompresi akan naik bila ruang bakar diperkecil.

Ruang bakar yang semakin kecil terhadap panjang langkah torak maka perbandingan kompresi akan naik.

2.7.3 Langkah kerja/ usaha ekspansi (*Isokhorik*)

Penghentian kebakaran gas sebaiknya terjadi pada TMA atau sedikit sesudahnya, ini disebabkan oleh pengembangan gas akibat suhu tertinggi harus terjadi pada volumeter kecil sehingga piston mendapat tekanan terbesar. Ekspansi terjadi di atas piston selama terjadi langkah kerja. Terlihat pada gambar 2.6 Langkah kerja



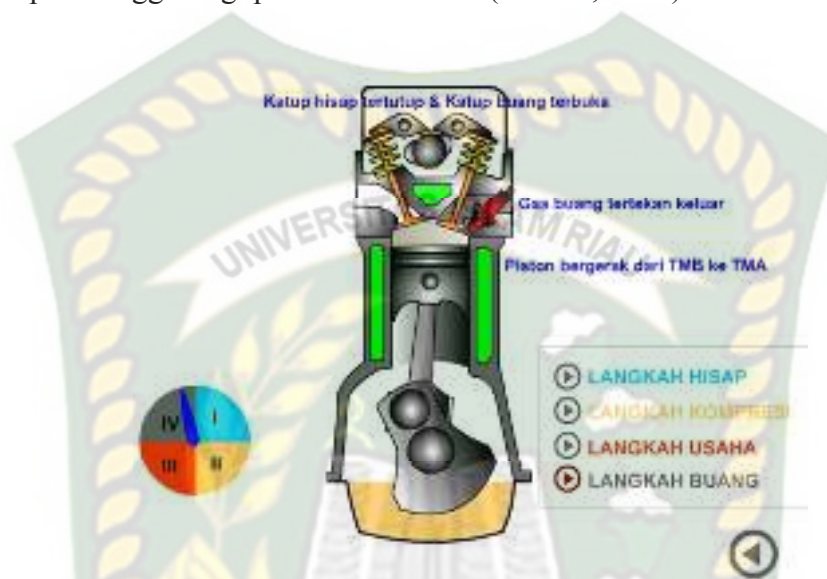
Gambar 2.7 Langkah kerja

(Sumber: http://www.isuzu-astra.com/service_engine.php 2018)

2.7.4 Langkah buang (*isokhorik*)

Gerakan piston yang menuju TMA akan mempertinggi tekanan dari gas buang yang akan mengalir melalui katup buang yang akan menuju saluran

buang. Seperti apa yang telah dijelaskan pada langkah hisap, sisa dari gas buang tidak akan semuanya terbuang, masih ada yang tertinggal diruang bakar. *Overlapping* katup dapat mengurangi peristiwa tersebut (Arends, 1980).



Gambar 2.8 Langkah buang

(Sumber: http://www.isuzu-astra.com/service_engine.php 2018)

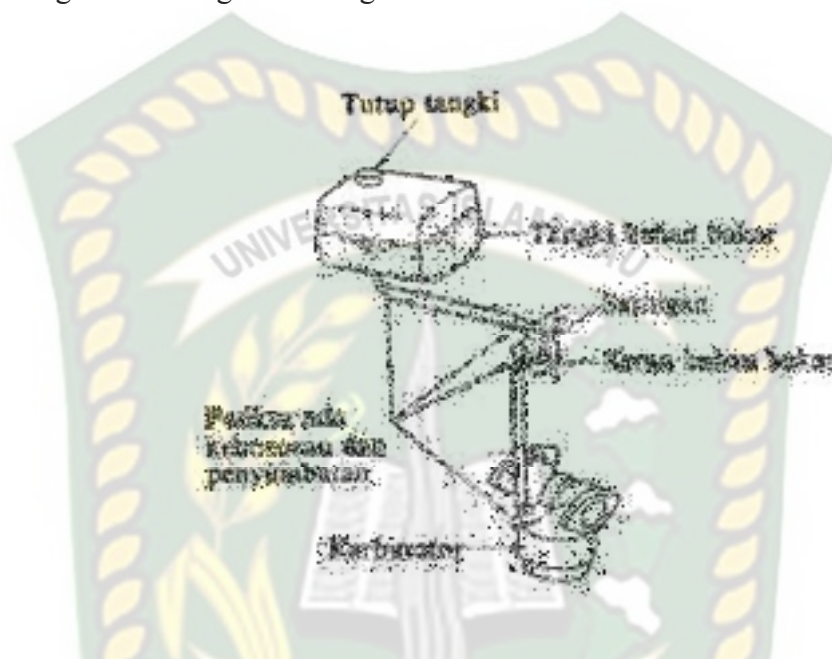
2.8 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar hingga ke ruang bakar, dimana diperlukan komponen-komponen pendukung yaitu :

2.8.1 Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar (fuel tank) terbuat dari plat baja tipis, tangki ini biasanya ditempatkan dibawah atau dibelakang kendaraan untuk mencegah terjadinya kebocoran dan mencegah benturan. Bagian tangki dilapisi dengan bahan anti karat, tangki bahan bakar dilengkapi dengan pipa pengeluaran

bahan bakar dan tutup pengisian bahan bakar serta alat pengukur (fuel sender gauge) yang dapat menunjukkan jumlah bensin yang tersimpan didalam tangki. Berikut gambar tangki bahan bakar



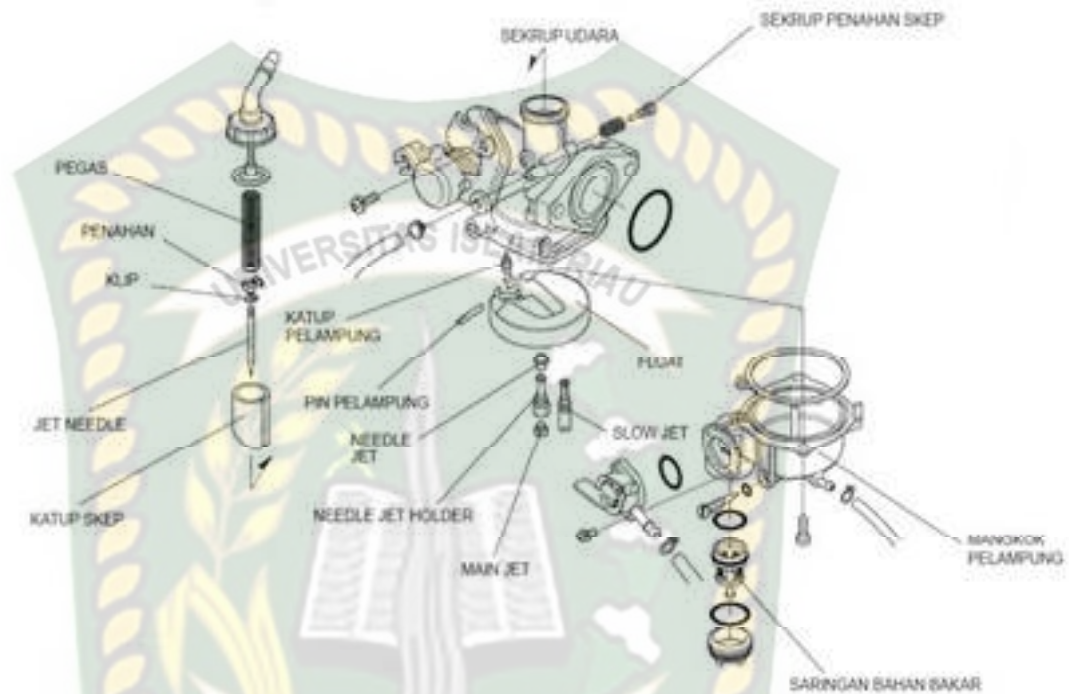
Gambar 2.9 Tangki bahan bakar

(Sumber : A.Graham Bell. 2012 *Four stroke performance Tuning: Fourth edition*)

2.8.2 Karburator

Karburator adalah sebuah alat yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam, karburator merupakan bagian terpenting dari kendaraan, hampir semua kendaraan menggunakan karburator yang umumnya berbahan bakar bensin, akan tetapi ditahun 2005 sendiri telah banyak kendaraan yang diperkenalkan menggunakan system

injeksi pada bahan bakarnya. Karena ini karburator yang baik harus mampu membuat gas yang sempurna dan sesuai kebutuhan mesin.



Gambar 2.10 Karburator

(Sumber : Bell. 2012)

⇒ Berikut ini komponen karburator beserta fungsinya :

1. Pelampung (float)

Berfungsi untuk mengatur agar tetap nya bahan bakar didalam mangkok karburator.

2. Mangkok karburator (float chamber)

Berfungsi untuk menyimpan bensin pada waktu belum digunakan.

3. Klep/jarum pelampung

Berfungsi untuk mengatur masuk nya bensin kedalam mangkok.

4. Skep/katup gas

Berfungsi untuk mengatur banyaknya gas yang masuk kedalam silinder.

5. Pemancar jarum (main jet/needle jet)

Berfungsi untuk memancarkan bensin waktu motor di gas besarnya diatur oleh terangkat nya jarum skep.

6. Pemancar besar/induk (main jet)

Berfungsi untuk memancarkan bensin saat kendaraan di gas tinggi.

7. Pemancar kecil/stasioner (pilot jet)

Berfungsi untuk memancarkan bensin saat stasioner.

8. Skrup udara/baut udara (air screw)

Berfungsi untuk mengatur banyak nya udara yang akan dicampur dengan bensin.

9. Skrup gas/baut gas (throttle screw)

Berfungsi untuk setelan posisi skep sebelum di gas.

10. Katup cuk (choke valve)

Berfungsi untuk menutup udara keluar dan masuk kedalam karburator sehingga gas menjadi kaya digunakan saat start.

2.8.3 Main Jet

Main jet atau yang biasa di sebut dengan spuyer minyak adalah komponen mekanisme dari karburator yang berfungsi setelah melewati 5000-6000 rpm, suplay dari pilot jet tidak mencukupi konsumsi bahan bakar di putaran tinggi. Pada putaran diatas 5000 rpm pilot jet dan main jet bekerja bahu membahu. Main jet tidak mengandalkan udara dari sekrup setelan udara melainkan langsung memanfaatkan udara langsung dari box saringan udara. Berikut gambar main jet karburator.



Gambar 2.11 Main jet

(Sumber : Wiranto . 1998.)

2.8.4 Pilot Jet

Setelah menerima udara dari box saringan udara pilot jet beroperasi sejak mesin dinyalakan, pilot jet sebagai pengemudi awal semprotan bahan bakar dan

bekerja pada putaran rendah. Untuk mengatur jumlah campuran bahan bakar pada saat putaran stationer (putaran tetap)



Gambar 2.12 Pilot jet

(Sumber : Wiranto . 1998.)

2.8.5 Kepala silinder mesin empat langkah

Kepala silinder mesin empat langkah bentuknya lebih besar bila dibandingkan dengan kepala silinder mesin dua langkah, mana pada konstruksi kepala silinder mesin empat langkah terdapat komponen-komponen seperti gambar 2.8:



Gambar 2.13 Komponen kepala silinder

(Sumber: Wiranto 2008)

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Katup buang | 8. Ads |
| 2. Katup masuk | 9. Pegas klep bagian dalam |
| 3. Noken as (<i>Camshaft</i>) | 10. Kuku klep |
| 4. Sirip pendingin (<i>fin</i>) | 11. Topi klep |
| 5. Lubang masuk (<i>intlet port</i>) dan
lubang pembuangan (<i>exhaust</i>) | 12. Pegas klep luar |
| 6. Pelatuk (<i>rocker arm</i>) | 13. Seal klep |
| 7. Pen pelatuk | 14. Ring plat |
| | 15. Bos klep |

2.9 Pengapian (*ignition timing*) dan Pembakaran

Setelah campuran bahan bakar dibakar oleh bunga api, maka diperlukan waktu tertentu bagi bunga api untuk merambat di dalam ruang bakar. Oleh sebab itu akan

terjadi sedikit kelambatan antara awal pembakaran dengan pencapaian tekanan pembakaran maksimum. Dengan demikian, agar diperoleh output maksimum pada *engine* dengan tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi (sekitar 10° setelah TMA), periode perlambatan api harus diperhitungkan pada saat menentukan saat pengapian (*ignition timing*) untuk memperoleh output mesin yang semaksimal mungkin. Akan tetapi karena diperlukan waktu untuk perambatan api, maka campuran udara-bahan bakar harus dibakar sebelum TMA.

Saat ini disebut dengan saat pengapian (*ignition timing*). Loncatan bunga api terjadi sesaat torak mencapai titik mati atas (TMA). Bila Proses pembakaran dimulai dari awal sebelum TMA (menjauhi TMA), tekanan hasil pembakaran meningkat, sehingga gaya dorong piston meningkat (kerja piston menuju gas pada ruang bakar). Jika proses sudut penyalaan dimundurkan mendekati TMA, maka tekanan hasil pembakaran maksimum lebih rendah, bila dibandingkan tekanan hasil pembakaran maksimum, bila sudut penyalaan dimulai normal. Hal ini dikarenakan, pada saat sudut penyalaan terlalu dekat dengan TMA, pada saat busi memercikkan bunga api dan api mulai merambat, gerakan piston sudah melewati TMA sehingga volume ruang bakar mulai membesar. Sehingga walaupun terjadi kenaikan tekanan hasil pembakaran, sebagian telah diubah menjadi perubahan volume ruang bakar. Efek yang terjadi adalah kecilnya kerja ekspansi yang diterima oleh piston.

2.10 Parameter *Performance* motor bakar Bensin empat langkah satu silinder yang di teliti adalah sebagai berikut :

2.10.1 Torsi (T)

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energy yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F, benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar d dengan data tersebut torsinya adalah:

$$T = F \times d \quad (Nm) \dots\dots\dots \text{Pers 2.1}$$

Dimana :

T = Torsi benda berputar (Nm)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

D = Jarak benda ke pusat rotasi (m)

Karena adanya torsi ini lah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan.

Torsi dan daya didapat melalui pengujian menggunakan alat yang dinamakan dynamometer/ dynotest dimana dyno test adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur putaran mesin/RPM dan torsi dimana tenaga atau daya yang

dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung tanpa memindahkan mesin kendaraan dari rangka kendaraan.

Jenis dynamometer yang digunakan

Name : REXTOR TECHNOLOGY INDONESIA

Model : DYNO PRO4

Serial No : DP4-1404-002

Mfg Date : 13-04-2015

Terlihat pada gambar 2.23 Jenis dynotest Rextor



Gambar 2.14 Jenis dynotest Rextor di Draco Motor

Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran sampai putaran mendekati 0 Rpm beban ini nilainya sama dengan torsi poros, dengan stator yang dikenai beban sebesar w. mesin dinyalakan kemudian pada poros disambungkan dengan dynamometer untuk mengukur torsi mesin pada poros. Jumlah energi yang dihasilkan mesin setiap waktunya adalah

yang disebut daya mesin. Sedangkan energi yang diukur pada poros mesin dayanya disebut daya poros.

2.10.2 Daya Mesin (HP)

Daya atau power yang dihitung dengan satuan kW (Kilo watts) atau HP (Horse Power) mempunyai hubungan erat dengan torsi. Power dirumuskan sebagai berikut:

$$P = T \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60 \times 1000} \quad (\text{kW})$$

$$P = T (\text{Lbs. ft}) \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{5252} \quad (\text{HP}) \dots\dots\dots \text{Pers 2.2}$$

Pada motor bakar, daya yang dihasilkan dari proses pembakaran didalam silinder dan biasa disebut daya indikator. Daya tersebut dikenakan pada torak yang berkerja bolak balik dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak. Daya indikator adalah merupakan sumber tenaga persatuan waktu, operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Mesin selama bekerja mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya membentuk kesatuan yang kompak.

Komponen pada mesin juga merupakan beban yang harus diatasi daya indikator. Sebagai contoh pompa air untuk sistem pendingin, pompa pelumas untuk sistem pelumasan, kipas radiator, dan lain-lain. Komponen ini biasa disebut asesoris mesin. Asesoris ini dianggap parasit bagi mesin karena mengambil daya dari daya indikator. Disamping komponen pada mesin juga merupakan parasit dengan alasan yang sama yaitu mengambil daya indikator.

Daya pada pengujian dilakukan dengan alat dynamometer / dynotest dengan spesifikasi pada gambar 2.24.

2.10.3 Pemakaian Bahan Bakar (m_f)

Pemakaian bahan bakar dihitung untuk menentukan waktu dibutuhkan oleh motor bakar untuk pemakaian bahan bakar dalam satuan volume yang dipengaruhi oleh massa jenis bahan bakar tersebut. Pemakaian bahan bakar

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times \frac{3600}{1000} \text{ (kg/h)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.3}$$

(Sumber : Wiranto. Arismunandar: Penggerak mula motor bakar torak, 1998)

Dimana:

\dot{m}_f : Laju aliran bahan bakar (kg/jam)

V_{bb} : Volume bahan bakar (cc)

t : Waktu pemakaian bahan bakar (second)

ρ_{bb} : Massa jenis bahan bakar (kg/m³)

2.10.4 Pemakaian bahan bakar spesifik (Sfc)

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kW.jam}} \right) \dots\dots\dots \text{Pers 2.4}$$

Sumber : (Wiranto, 1998)

2.10.5 Pemasukan kalor (Q_m)

Pemasukan kalor (Q_m) pada motor bakar adalah hasil dari pembakaran bahan bakar didalam silinder. Pemasukan bahan bakar dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Q_m = m_f \cdot LHV \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots \text{Pers 2.5}$$

(Sumber: Wiranto, 1998)

Dimana:

Q_m = pemasukan kalor (kW)

m_f = jumlah bahan bakar yang digunakan satu jam (kg/h)

LHV= nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

2.10.6 Laju aliran massa udara (m_u)

Laju aliran udara volumetrik yang melewati orifis :

$$m_v = \frac{\pi d^2}{4} \times V_u \quad (\text{kg/s}) \dots\dots\dots \text{Pers 2.6}$$

Dimana:

m_v = laju aliran massa udara volumetrik (m^3/s)

V_u = kecepatan aliran udara melewati pitot (m/s)

d^2 = diameter pipa pitot (m)

maka laju aliran udara adalah:

$$m_u = \rho_u \times m_v \times 3600 \quad (\text{kg/h}) \dots\dots\dots \text{Pers 2.7}$$

Dimana :

m_u = maka laju aliran udara adalah (kg/h)

ρ_u = massa jenis udara (kg/m³)

m_v = laju aliran udara volumetrik yang melewati orifis (m³/s)

(Sumber: Julnaidi2014)

2.10.7 Efisiensi volumetrik (η_{vol})

Jika sebuah mesin empat langkah mampu menghisap udara pada kondisi isapnya sebanyak volume langkah torak untuk setiap langkah isap, maka hal itu disebut efisiensi volumetrik. Tetapi hal tersebut tidak terjadi pada kondisi actual. Efisiensi volumetric dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\eta_{vol} = \frac{\text{Masa udara yang terhisap}}{\text{Masa udara sebanyak volume langkah torak}} \dots\dots\dots \text{Pers 2.8}$$

(Sumber:Wiranto Arismunandar dan kochi Tsuda:Motor Diesel putaran tinggi,1986)

Untuk massa udara sebanyak volume langkah torak dihitung dengan persamaan :

$$m_{ui} = V_L \times z \times a \times n \times \rho_{udara} / 60 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \dots\dots\dots \text{Pers 2.9}$$

Dimana: V_L = volume langkah torak (cm³)

n = Putaran (rpm).

z = jumlah silinder.

a = jumlah siklus putaran (0,5 untuk motor empat langkah)

ρ_u = massa jenis udara (kg/m^3)

$$\eta_{\text{vol}} = \frac{\dot{m}_u}{\dot{m}_{\text{ui}}} \times 100 \% \dots \dots \dots \text{Pers 2.10}$$

(Sumber: Wiranto, 1998)

2.10.8 Efisiensi thermal efektif (η_{th})

Pemakaian bahan bakar spesifik dapat menyatakan efisiensi thermal, tetapi tentu dalam bentuk sebaliknya. Hal itu dapat diterangkan dengan menggunakan persamaan. Jika jumlah bahan terpakai (m_f) adalah kg/jam , dan nilai kalor bawah bahan bakar (LHV) adalah kJ/kg artinya banyak kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran bahan bakar tanpa melibatkan kandungan air, maka efisiensi thermal dihitung dengan persamaan :

$$\eta_{\text{th}} = \frac{N_e}{Q_m} \times 100(\%) \dots \dots \dots \text{Pers 2.11}$$

Dimana : N_e = Daya efektif (kW) Q_m = pemasukan kalor (kW)

(Sumber: Wiranto, 1998)