

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

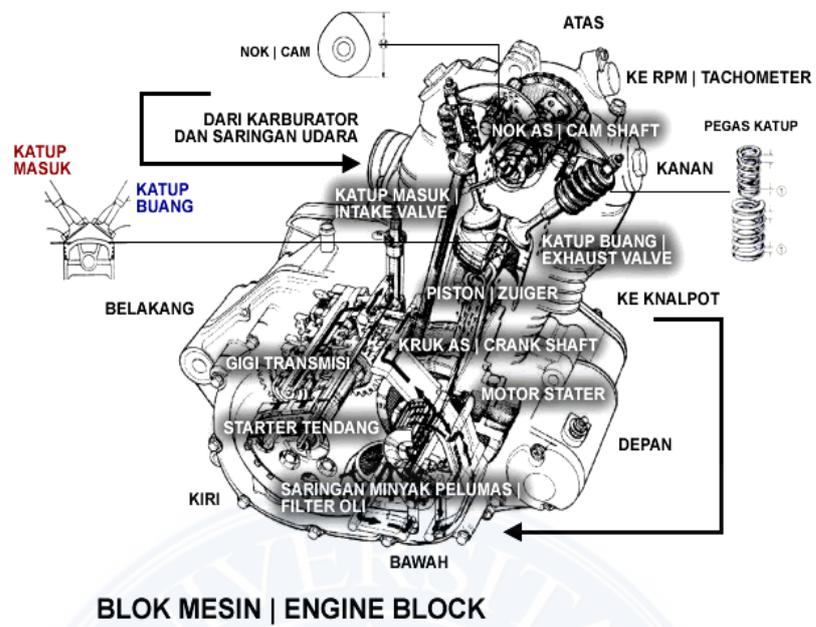
Pada Bab ini dibahas tentang jenis serta spesifikasi motor bakar dan mekanisme di dalam ruang bakar yang akan digunakan untuk mesin penggerak kendaraan roda dua. Dari dua jenis motor bakar yaitu : Motor Bakar Otto dan Motor Bakar Diesel, maka pada skripsi ini dibahas tentang Motor Bakar Bensin (*Otto*) dan pembahasan utama adalah tentang gangguan yang ada di dalam ruang bakar.

2.1. Pemakaian Motor Bakar Sebagai Bahan Penggerak

Dimasa era globalisasi ini banyak orang menggunakan sepeda motor sebagai sarana transportasi. Dan diantara jenis dari sepeda motor itu pasti mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing. Pada dasarnya sepeda motor selalu mengalami gangguan-gangguan yang timbul tanpa diduga-duga, apabila sepeda motor tersebut sudah habis garansinya (biasanya ± 3 tahun keatas).

2.1.1 Pemilihan Jenis Motor Bakar

Dari spesifikasi tugas yang diberikan yaitu : Membahas tentang Nilai Pembakaran, Mekanisme Katup, Daya Motor Bakar dan Analisa Termodinamika Yamaha Vega pada kendaraan roda 2 (dua) jenis motor bakar Otto seperti ilustrasi pada gambar 2.1 untuk Sepeda Motor Yamaha Vega (gambar 2.2).



Gambar 2.1 Motor Bakar Otto



Gambar 2.2 Jenis Kendaraan

2.1.2 Pemilihan Jenis Siklus Kerja

Setiap motor bakar penggerak dalam operasinya menghasilkan tenaga senantiasa bekerja dalam satu siklus tertentu. Demikian juga halnya dengan motor bakar otto/bensin. Ada dua sistem siklus kerja pada motor bakar yaitu :

1. Motor bakar 2 langkah
2. Motor bakar 4 langkah

Adapun perbedaannya adalah :

1. Motor bakar 2 langkah :
 - Untuk setiap siklus dibutuhkan dua kali langkah torak, naik turun atau satu kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu usaha
 - Memberikan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan motor empat langkah, suhu torak dalam dinding silinder agak tinggi
 - Konstruksi mesin agar sederhana karena tidak ada mekanisme katup.
 - Pembilasan dan pembakaran yang kurang sempurna
 - Pemakaian bahan bakar yang boros
 - Pemakaian pompa bilas menambah biaya awal
2. Motor bakar 4 langkah
 - Untuk setiap siklus dibutuhkan empat langkah torak naik turun atau dua kali putaran poros engkol menghasilkan satu usaha
 - Pembakaran lebih sempurna dan hemat dalam pemakaian bahan bakar
 - Efisiensi motor relatif lebih besar
 - Memakai mekanisme katup yang memerlukan pengamatan dan perawatan yang lebih baik dan lebih teliti

Perbedaan umum dari kedua siklus ini terletak pada cara pengisian udara ataupun campuran udara dengan bahan bakar ke dalam silinder serta cara pembuangan gas-gas hasil pembuangan. Pada motor empat langkah, hal ini dikerjakan oleh torak masing-masing pada langkah isap dan langkah buang. Pada motor dua langkah hal ini dikerjakan oleh pompa udara atau penghembusan sendiri / tersendiri atau sebagai kesimpulan dari kedua siklusnya dengan satu kali pembakaran selama dua kali putaran selama dua kali putaran poros engkol. Untuk motor bakar 2 langkah yaitu, motor bakar torak yang melingkapi siklusnya dengan satu kali pembakaran selama satu kali putaran poros engkol.

Adapun kerugian / keuntungan pada motor 4 langkah dan 2 langkah adalah.
(Achmad Syafrizal, 2006)

Pada motor 4 langkah :

Keuntungan :

- Pembuangan gas hasil pembakaran sangat baik, karena masing-masing terjadi pada langkah tersendiri.
- Putaran-putaran relatif besar/tinggi
- Panas yang di hasilkan relatif lebih kecil sehingga lebih tahan lama di jalankan.

Kerugiannya :

- Kontruksinya yang rumit dan sukar karena adanya mekanisme katup-katup serta memerlukan perawatan yang besar
- Kurang efisiensi untuk daya yang besar
- Getaran yang terjadi lebih besar

Pada motor 2 langkah :

Keuntungan :

- Kontruksi lebih sederhana.
- Getaran yang terjadi lebih kecil.
- Lebih efisien untuk daya yang besar pada putaran yang rendah / kecil

Kerugiannya :

- Pergantian gas-gas hasil pembakaran kurang sempurna karena tidak mempunyai langkah tersendiri
- Putaran motor tidak dapat tinggi, karena menimbulkan kesulitan dalam sistem pembakaran
- Motor cenderung lebih panas, maka diperlukan pendingin yang baik

Pada perencanaan ini dipilih motor 4 langkah sebagai proses kerja motor bakar dengan alasan :

- Sangat sesuai dengan teknologi mesin yang memakai siklus kerja yang lebih sempurna
- Tenaga mesin dan emisi gas buang relatif lebih baik
- Bunyi mesin halus sehingga lebih nyaman (*comfortable*)
- Pemakaian bahan bakar lebih irit (hemat) sehingga lebih ekonomis

Adapun proses langkah kerja yang terjadi pada motor 4 langkah adalah seperti keterangan dan gambar 2.3 di bawah ini :

1. Langkah isap (*Intake stroke*)

Pada langkah isap katup masuk terbuka dan katup buang dalam keadaan tertutup melalui katup isap udara murni di hisap kedalam silinder, pada

langkah ini piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB). (Gambar 2.3 a)

2. Langkah kompresi (*Compression stroke*)

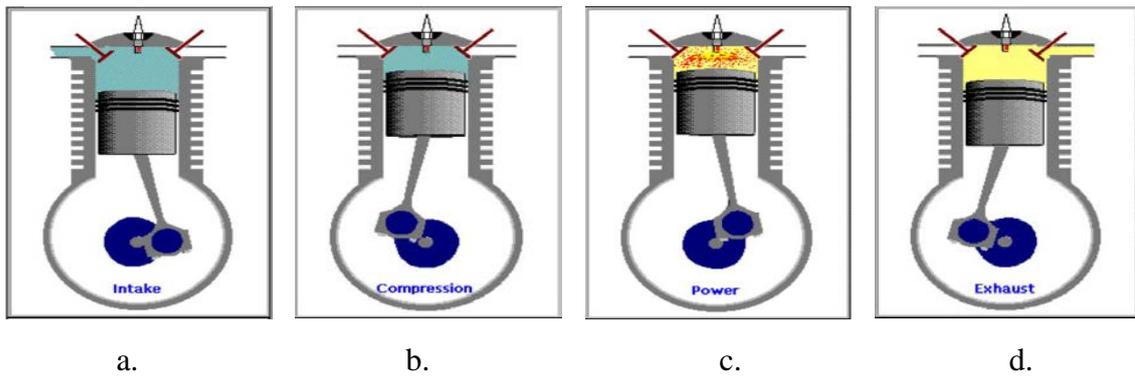
Pada langkah ini katup isap dan katup buang dalam keadaan sama-sama tertutup, piston bergerak dari TMB ke TMA. Udara murni yang dihisap kedalam silinder dimampatkan dengan tekanan $10 - 20 \text{ kg/cm}^2$. (Gambar 2.3 b)

3. Langkah usaha/kerja (*Combustion stroke*)

Langkah ini terjadi pada saat piston mencapai TMA, dalam hal ini katup buang dan katup isap sama-sama menutup sehingga campuran bahan bakar dan udara yang sudah dimampatkan dibakar dengan loncatan bunga api dari busi, akibat dari pembakaran bahan bakar tersebut tekanan akan naik sementara piston menuju TMA sehingga volume ruang bakar semakin kecil dengan sendirinya tekanan akan naik dan lebih tinggi akhirnya sampai di TMA didorong kembali ke TMB oleh gas hasil pembakaran tersebut, inilah yang disebut dengan langkah kerja. (Gambar 2.3 c)

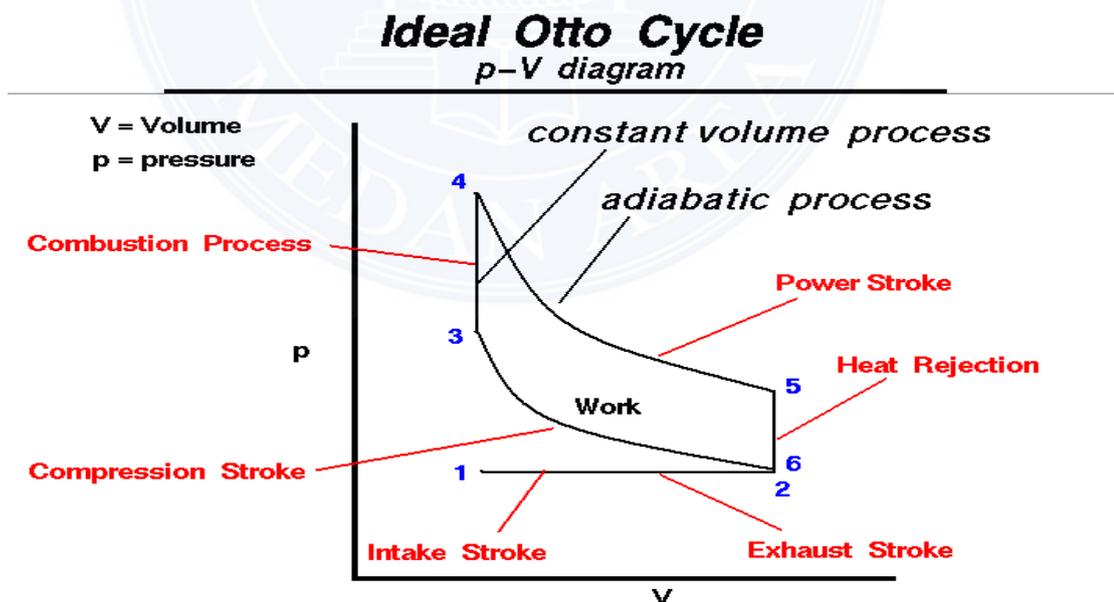
4. Langkah buang (*Exhaust stroke*)

Apabila piston akan mencapai TMB maka katup buang akan terbuka, sedangkan katup isap akan tertutup dan pada saat piston mencapai akhir TMA piston akan menekan sisa gas pembakaran keluar melalui katup buang pada saat langkah buang ini akan terjadi overlapping dimana katup masuk dan katup buang sama-sama terbuka hal ini terjadi sampai awal langkah isap dengan tujuan supaya gas bekas sisa pembakaran dapat keluar seluruhnya, kemudian pada langkah siklus berikutnya udara dan bahan bakar berada dalam silinder. (Gambar 2.3 d)



Gambar 2.3 Proses kerja motor 4 langkah

Karena dalam penelitian ini kendaraan pribadi roda dua yang memakai **motor bakar bensin**, maka siklus yang digunakan adalah siklus **Ideal Otto**, dengan diagram P-V dan urutan dari siklus ini adalah pada gambar 2.4 : (Glenn Research Center)



Gambar 2.4 Diagram P-V, Siklus Ideal Otto

Keterangan :

- 1 – 2 → Langkah isap (Proses tekanan konstan) : Bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder.
- 2 – 3 → Langkah kompresi (Proses adibatis) : Campuran bahan bakar dan udara dikompresikan didalam silinder
- 3 – 4 → Proses pembakaran : Campuran udara bahan bakar dan udara terbakar didalam ruang bakar (dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan)
- 4 – 5 → Langkah kerja (Ekspansi) : Berlangsung dalam proses adiabatik
- 5 – 6 → Proses pembuangan : Proses pembuangan kalori pada volume konstan
- 6 – 1 → Langkah buang : Pembuangan gas sisa pembakaran pada tekanan konstan

2.1.3 Spesifikasi Sepeda Motor

Sebagai informasi data Sepeda Motor dapat dilihat spesifikasi mesin pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Spesifikasi mesin Yamaha Vega

MESIN	
Tipe Mesin	4 Langkah, SOHC
Diameter x Langkah	49,0 x 54,0 mm
Volume Silinder	101,8 cc
Perbandingan Kompresi	9,0 : 1
Kopling	Manual, Basah, Multiplat
Susunan Silinder	Tunggal, 10 ^o Horizontal
Gigi Transmisi	4 Kecepatan
Pola Pengoperasian Gigi	N - 1 - 2 - 3 - 4
Kapasitas Minyak Pelumas	800 cc
Kapasitas Tangki	4,5 Liter

Baterai	12V5AH
Busi	C7HSA
Sistem Pengapian	DC-CDI
Sistem Starter	Starter Ganda
Daya Maksimum	7,3 PS / 8.000 rpm
Torsi Maksimum	0,74 kgf.m / 6.000 rpm

2.2. Konsumsi Bahan Bakar

2.2.1 Kualitas Bahan Bakar

Kualitas bahan bakar berpengaruh cukup signifikan terhadap kinerja motor pada kondisi tertentu. Dua variabel kualitas bahan bakar yang penting adalah anti detonasi dan volatilitas. Detonasi, membatasi keluaran daya motor yang disediakan dan mengakibatkan kerusakan komponen motor, sedangkan perubahan volatilitas bahan bakar dapat mempunyai pengaruh signifikan pada operasi motor. (Philip Kristanto, 2008)

2.2.2 Komposisi Udara dan Bahan Bakar

Udara kering yang digunakan untuk proses pembakaran merupakan suatu campuran gas yang mempunyai suatu komposisi volume 20,95% oksigen, 78,09% nitrogen, 0,93% argon, dan sejumlah kecil gas karbon dioksida, neon, helium, metana (gas), dan gas yang lain. Untuk setiap molekul oksigen (berat molekul 32) diudara terdapat 3,76 molekul nitrogen atmosferik (N_2), dengan berat molekul 28.16.

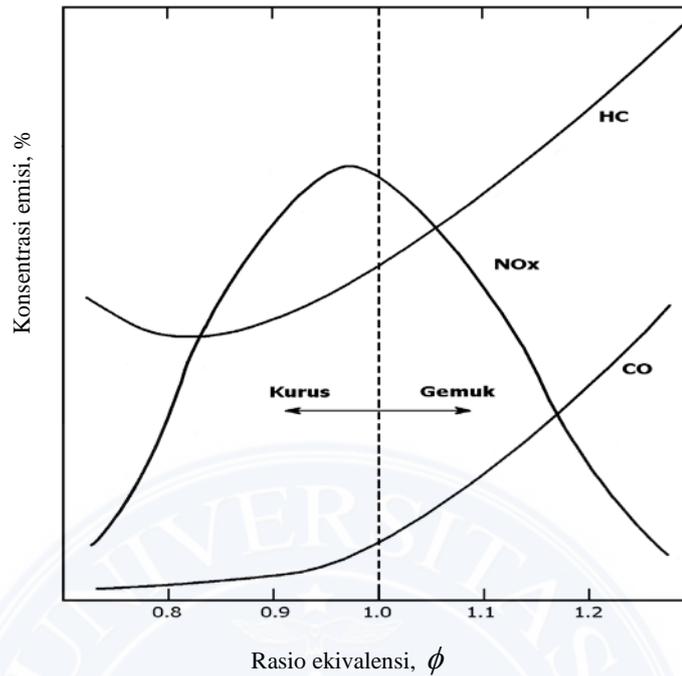
Komposisi udara dan bahan bakar, terlepas dari kecepatan pembakarannya, ternyata bahwa kemungkinan besar untuk terbakar sendiri itu menurut teori adalah pada perbandingan 14,8 : 1. Jika pembakaran berlangsung dalam kondisi kekurangan oksigen, maka sifat campuran udara-bahan bakarnya

dikatakan gemuk (kelebihan bahan bakar), demikian pula sebaliknya jika pembakarannya dalam kondisi kelebihan oksigen maka sifat campurannya dikatakan kurus. Campuran yang terlalu gemuk maupun terlalu kurus merupakan suatu kondisi yang menyebabkan proses pembakaran tidak sempurna, sehingga terdapat karbon monoksida (CO) serta hidrokarbon (HC) yang tak terbakar pada gas buangnya.

Karbonmonoksida dihasilkan jika karbon yang terdapat dalam bensin (C_8H_{17}) tidak terbakar dengan sempurna karena kekurangan oksigen, sehingga campuran udara-bahan bakar lebih gemuk dari campuran stokiometri. Pada rasio udara/bahan bakar gemuk tidak cukup oksigen untuk bereaksi dengan semua hidrogen dan karbon, maka emisi CO maupun HC meningkat.

Emisi HC juga meningkat pada campuran sangat kurus berkaitan dengan pembakaran yang lemah dan kegagalan pembakaran. Emisi HC yang terdapat dalam gas buang berbentuk bensin yang tidak terbakar, dan hidrokarbon yang hanya sebagian bereaksi dengan oksigen jika campuran udara-bahan bakar tidak terbakar sempurna di dekat dinding silinder antara torak dan silinder. Hal ini terjadi jika motor baru dihidupkan pada putaran idle. Hidrokarbon dapat diemisikan tidak hanya pada campuran gemuk, tetapi juga terjadi pada campuran yang sangat kurus seperti gambar 2.5. (Philip Kristanto, 2008)

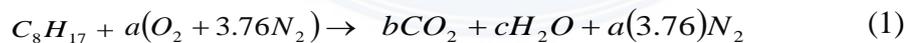
Terbentuknya emisi oksida nitrogen, NOx merupakan fungsi dari temperatur pembakaran, paling besar mendekati kondisi stoikiometri ketika temperatur tertinggi. Emisi puncak NOx terjadi pada kondisi campuran agak kurus, dimana temperatur pembakaran tinggi dan disana terdapat kelebihan oksigen untuk bereaksi dengan nitrogen.



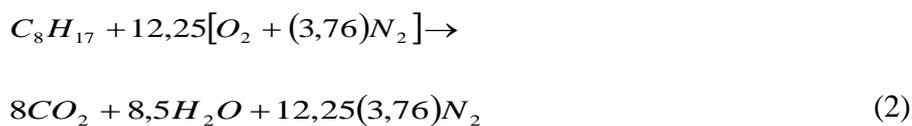
Gambar 2.5. Emisi dari motor bensin sebagai fungsi rasio ekivalensi.

Sempurna atau tidaknya suatu proses pembakaran ditentukan oleh nilai rasio udara/bahan bakar. Nilai rasio ini disebut juga rasio *stokiometri*, yang menyatakan kebutuhan udara optimum untuk pembakaran sempurna suatu bahan bakar.

Pada proses pembakaran sempurna bensin (C_8H_{17}), reaksi yang terjadi sebagai berikut:

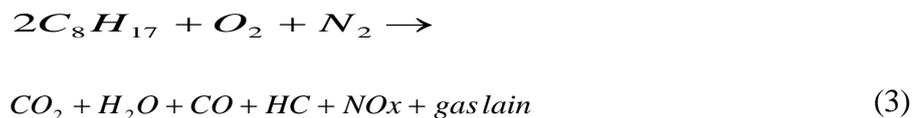


konstanta-konstanta a, b dan c dicari melalui reaksi kesetimbangan karbon, hidrogen dan oksigen, dimana dihasilkan $b = 8$; $2c = 17$, atau $c = 8.5$ dan dengan cara yang sama diperoleh $a = 12.25$, sehingga reaksi pembakaran lengkap untuk kondisi stoikiometri dapat dituliskan:



Tetapi dalam praktek pembakaran sempurna sebagaimana yang dinyatakan di atas tidak pernah terjadi, dimana dihasilkan komponen CO dan HC pada produk buangan.

Reaksi yang terjadi adalah:



- Karbon Monoksida (CO)

Emisi karbon monoksida (CO) dari motor pembakaran dalam dikendalikan terutama oleh rasio udara/bahan bakar. CO maksimum dihasilkan 2,5% ketika motor beroperasi dengan campuran gemuk kira-kira 13 : 1 (Gambar 2.5), seperti ketika motor mulai dihidupkan pada kondisi dingin atau ketika melakukan akselerasi.

- Hidrokarbon (HC) tak terbakar

Pembentukan emisi hidrokarbon (HC) dipengaruhi komponen asli bahan bakarnya, geometri ruang bakar dan parameter operasi motor. Jika emisi HC memasuki atmosfer, beberapa diantaranya bersifat karsinogen (*carcinogenic*) sebagai penyebab penyakit kanker.

- Oksida Nitrogen (NO_x)

Gas buang suatu motor dapat mengandung sampai 2000 ppm oksida nitrogen, kebanyakan berupa oksida nitrogen (NO) dengan sejumlah kecil nitrogen dioksida (NO₂), serta kombinasi nitrogen-oksigen yang lain. Ini semua dikelompokkan sebagai NO_x. Semakin tinggi temperatur reaksi pembakaran, semakin banyak nitrogen dwiatom, N₂ berdesosiasi ke nitrogen beratom tunggal,

N, dan semakin banyak NO_x terbentuk. Pada temperatur rendah sangat kecil NO_x diciptakan.

- Rasio udara/bahan bakar.

Dalam pengujian motor, baik massa udara m dan laju aliran massa udara \dot{m}_a , maupun massa bahan bakar m_f laju aliran massa bahan bakar, \dot{m}_f merupakan variabel yang dapat diukur. Rasio dari massa dan laju aliran ini bermanfaat untuk menjelaskan kondisi operasi motor.

Rasio udara/bahan bakar stoikiometri:

$$(A/F)_{st} = \frac{m_a}{m_f} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} = \frac{N_a M_a}{N_f M_f} \quad (4)$$

Rasio bahan bakar/udara stoikiometri:

$$(F/A)_{st} = \frac{m_f}{m_a} = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} = \frac{N_f M_f}{N_a M_a} \quad (5)$$

Pada kondisi operasi normal, Nilai $(A/F)_{st}$ dan $(F/A)_{st}$ motor bensin berada dalam kisaran $12 \leq A/F \leq 18$ atau $0.056 \leq F/A \leq 0.083$.

Rasio udara/bahan bakar relative, λ :

$$\lambda = \frac{(A/F)_{akt}}{(A/F)_{st}} \quad (6)$$

Rasio udara-bahan bakar stoikiometri $(A/F)_{st}$ atau bahan bakar-udara stoikiometri $(F/A)_{st}$ tergantung pada komposisi bahan bakar yang digunakan. Untuk bensin $(A/F)_{st} = 15.05$. Nilai ini tentunya akan berubah jika bensin (C_8H_{17}) yang digunakan sebagai bahan bakar bercampur dengan kerosene ($C_{12}H_{26}$) yang memiliki nilai $(A/F)_{st} = 14,94$.

2.2.3 Prestasi Motor

Beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan prestasi dari suatu motor adalah :

- **Daya**, merupakan daya yang diberikan ke poros penggerak oleh motor.

$$N = Bhp = \frac{N_d P}{7460} \quad (hp) \quad (7)$$

dimana N_d = putaran motor (rpm), P = beban yang di baca pada dynamometer.

- **Torsi** (momen punter), dinyatakan dengan

$$\tau = P \cdot R \quad (N - m) \quad (8)$$

dengan R = panjang lengan dynamometer yang digunakan.

- **Konsumsi bahan bakar spesifik** (*specific fuel consumption*), Sfc menyatakan ukuran konsumsi bahan bakar, yang dinyatakan dengan satuan massa bahan bakar persatuan keluaran daya, atau juga dapat didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi untuk menghasilkan daya 1 Hp selama 1 jam.

$$Sfc = \frac{3600}{Bhp_t} \left(\frac{kg \text{ bahan bakar}}{Hp \cdot jam} \right) \quad (9)$$

Dimana : m = masaa bahan bakar yang dikonsumsi (kg) selama t (detik).

- Efisiensi termis, didefinisikan sebagai efisisensi pemanfaatan kalor dari bahan bakar untuk diubaha menjadi energi mekanis.

$$\eta_{th} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\% \quad (10)$$

Selisih antara jumlah kalor Q_1 dan Q_2 merupakan dasar untuk menentukan efisiensi termal secara teoritis. (Philip Kristanto, 2008).

Bensin pada dasarnya terdiri atas cairan *hidro carbone* yang mudah menguap dan mudah terbakar. Secara umum keistimewaannya adalah specific

grafiti : 0,72 s/d 0,77, Nilai kalor terendah 10400 s/d 11000 Kcal/kg, Nilai oktan : 80 s/d 100, Titik bakar $\pm 500^{\circ}$ C dan Titik nyala : - 25° C atau lebih. (Divisi Service Yamaha).

2.3. Mekanisme Katup

Mekanisme katup adalah suatu mekanisme yang mengatur waktu terbuka dan tertutup katup masuk dan katup keluar pada ruang bakar. Ada beberapa jenis valve train yang ada antara lain :

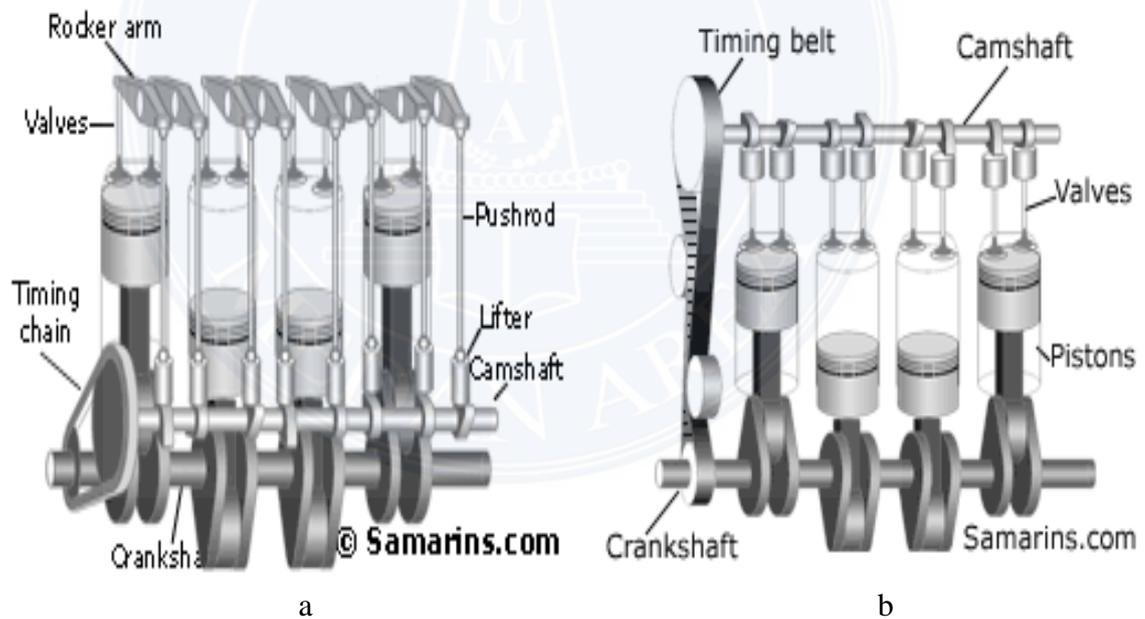
1. *Over Head Valve* (OHV)
2. *Over Head Camshaft* (OHC)
 - a. *Singel Over Head Camshaft* (SOHC)
 - b. *Double Over Head Camshaft* (DOHC)

Perbedaan OHV dan OHC adalah :

Berdasarkan pengaturan kerja klep mesin dapat dibedakan menjadi mesin OHV (*Over Head Valve*) dan OHC (*Over Head Camshaft*). Pada mesin OHV kerja katup dilakukan oleh dorongan teratur dari batang logam (disebut *push rod*), yang iramanya diatur oleh camshaft (noken as) yang terletak disisi atau dibawah ruang bakar. Putaran noken as terjadi karena hubungannya melalui gigi / gear dengan kruk as (Gambar 2.6 a). Pada mesin OHC irama buka tutup katup diatur oleh putaran camshaft yang diletakkan diatas ruang bakar (maka disebut *over head camshaft*). OHC ternyata lebih menjamin perputaran mesin yang lebih tinggi, sehingga mobil dengan mesin OHC lebih "responsif" dan memiliki akselerasi yang relatif lebih cepat dari pada mobil dengan mesin OHV. Disamping

itu suara mesin yang dihasilkan juga relatif lebih "halus" / karena tidak ada suara "ketukan" batang besi kepada katup (Gambar 2.6 b).

Tiap-tiap valve train mengatur waktu buka dan tutup katup masuk dan buang dengan konstruksi yang berbeda dan jumlah katup yang berbeda pula. Pada valve train sistem OHC dan SOHC tiap piston terdiri dari masing-masing satu katup masuk dan katup buang. Pada valve train sistem DOHC tiap piston terdiri dari masing-masing dua katup masuk dan 2 katup buang. Jumlah katup masuk dan katup buang tergantung dari berapa banyak jumlah piston yang ada pada mesin tersebut.



Gambar 2.6 Desain Mesin : a. Over Head Valve (OHV)

b. Over Head Camshaft (OHC)

2.3.1 Pemilihan Sistem Mekanisme Katup

Faktor pemilihan jenis mekanisme katup adalah berdasarkan kemampuan teknologinya dalam memperbaiki emisi gas buang, keefektifan dan efisiensinya dalam mereduksi konsumsi bahan bakar, juga tenaga mesinnya. Pemfokusan dalam hal mereduksi konsumsi bahan bakar, yang terpenting adalah bagaimana tersedianya sistem yang baik pada kontrol mesin, pada mesin itu sendiri, alat-alat yang membantu dan keseluruhan sistem transmisi yang baik. Pada pengoptimuman waktu untuk memperbaiki (mereduksi) konsumsi bahan bakar, dimana, perbedaan konsumsi bahan bakar tergantung pada kondisi pengoperasian (kerja). Bisa juga disebut, pada saat mesin tidak bekerja, sisa dari gas pembakaran berkurang dan untuk memperbaiki pada saat pembakaran tersebut menurut kerja dari mekanisme katupnya yaitu katup masuk terbuka secara perlahan dan katup buang tertutup secara cepat. Maksudnya pada saat mesin beroperasi (bekerja) tidak penuh, untuk mengurangi kerugian pemompaan, pada katup masuk terbuka secara cepat dan pada katup buang tertutup secara perlahan.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada ruang bakar apabila terjadi kebocoran disebabkan oleh kerusakan katup :

1. Kompresi motor berkurang
2. Bahan bakar boros
3. Emisi gas buang tinggi
4. Pembakaran tidak normal
5. Pembakaran diluar silinder
6. Pada saat jalan kencang sepeda motor tersendat-sendat.

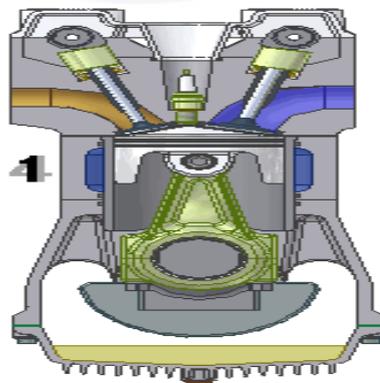
Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada katup adalah : (R. S. Northop, 1987)

1. Akibat dari penyetelan celah bebas katup salah atau tidak pada ukurannya, maka kemungkinan besar akan ada akibat-akibat sampingan pada mesin dan kerja mesin tersebut.
2. Akibat lainnya adalah mesin tidak bertenaga karena kompresi motor di dalam ruang bakar dan gas pembakaran lari pada celah yang bocor serta katupnya dapat terbakar.
3. Pemakaian sepeda motor yang tidak sesuai dan terus menerus.

2.3.2 Mekanisme Katup SOHC

Mekanisme katup *Singel Over Head Camsaft* (SOHC) seperti pada gambar 2.7 adalah mekanisme katup yang dikembangkan dan digunakan pada mesin kendaraan roda dua merek Yamaha. Mekanisme katup ini telah diketahui dapat menyesuaikan pemakaian bahan bakar sesuai dengan kondisi kerja mesin, tingkat emisi gas buang yang baik dan ramah terhadap lingkungan.

Kendaraan roda dua tersebut hadir dengan tipe mesin 4 langkah SOHC, yang menghasilkan tenaga maksimum 7,3 PS / 8000 rpm yang merupakan tenaga paling besar di kelasnya.



Gambar 2.7. Mekanisme katup SOHC

2.3.3 Keefektifan Sistem SOHC

Pada poros katup masuk memungkinkan untuk memilih diantara kecepatan rendah dan kecepatan tinggi, poros katup menghasilkan operasi yang mudah dari putaran rendah ke putaran tinggi, pada saat seorang pengemudi yang baru pandai mengendarai suatu kendaraan pasti mempunyai kesalahan, dan dia juga dapat memperbaiki pengalamannya ketika ia memulainya dari sebuah permulaan yang pernah dialaminya, maka dari pengalaman tersebut ia menemukan bagaimana caranya mengetahui batas kebebasan atau akselerasi kendaraan yang lain dalam mengetahui keefektifan mesin SOHC tersebut seperti pada gambar 2.8



Gambar 2.8. Daerah sudut buka dan sudut tutup katup masuk dan katup buang

2.4. Faktor-faktor yang menentukan Daya Efektif sebuah Motor Bakar

2.4.1 Daya Motor

Yang dimaksud dengan daya motor adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu. Sebagai satuan daya dipilih TK (Tenaga Kuda). Untuk menghitung besarnya daya tekanan rata-rata dalam silinder selama langkah kerja. Besarnya tekanan rata-rata motor bensin empat langkah adalah 6,25 – 8,75 Kg/cm². (Daryanto, 1999)

Pada motor empat langkah, tiap dua kali putaran poros engkol terjadi sekali langkah kerja. Maka rumus untuk motor empat langkah adalah :

$$N_i = \frac{p_i \times \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times S \times n}{2 \times 60 \times 75}$$

Dimana :

N = Daya motor (TK)

p_i = Tekanan rata-rata dalam silinder (Kg/cm²)

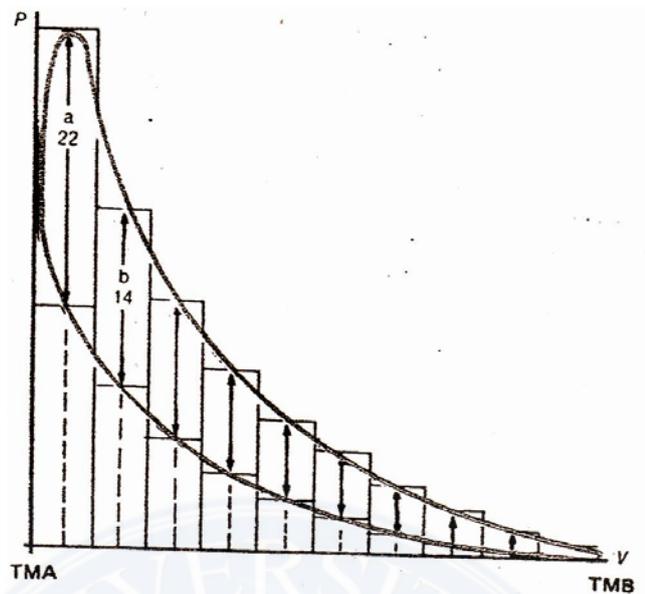
D = Garis tengah piston (cm)

s = Langkah piston (m)

n = Banyaknya Putaran per menit (rpm)

2.4.2 Tekanan Rata-rata di dalam Silinder

Gambar 2.8 memperlihatkan sebuah diagram indikator tanpa garis isap dan buang langkah sepanjang 10 cm terbagi menjadi 10 bagian masing-masing sepanjang 1 cm. Pada pertengahan tiap-tiap bagian secara tegak lurus dibuat garis-garis bagi. Setiap garis bagi tadi memotong garis kompresi dan garis ekspansinya. Pada titik-titik potong ini terjadi tekanan kompresi rata-rata dan tekanan ekspansi rata-rata sepanjang 1 cm dari langkah piston. (BPM. Arends dan H. Berenschot, 1992)



Gambar 2.9 Tekanan Indikator Rata-rata

Bila selama langkah piston dari sentimeter pertama terjadi selisih tekanan efektif sebesar 2,2 MPa dan selama sentimeter kedua 1,4 MPa dan seterusnya, terjadi selisih tekanan efektif sebesar 2,2 MPa dan selama sentimeter kedua 1,4 MPa dan seterusnya, maka besarnya tekanan indikator rata-rata selama langkah seluruhnya sepanjang 10 cm atau akan menjadi :

$$\frac{2,2 + 1,4 + 1,2 + 0,8 + 0,6 + 0,5 + 0,4 + 0,3 + 0,2 + 0,1}{10} = \frac{7,7}{10} = 0,77 \text{ MPa}$$

Karena selama langkah buang dan langkah isap timbul kerja negatif, maka tekanan efektif rata-rata dalam silinder sebenarnya sedikit menjadi lebih rendah. Tekanan rata-rata untuk motor Otto adalah kira-kira 0,65 MPa sedangkan untuk motor Diesel kira-kira 0,7 Mpa.