

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. MOTOR BAKAR

Motor bakar adalah salah satu bagian dari mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversi energi termal hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis. Terjadinya energi panas karena adanya proses pembakaran, bahan bakar, udara, dan sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin, memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran yang diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak.

B. JENIS MOTOR BAKAR

1. Motor Pembakaran Luar (*External Combustion Engine*)

Motor pembakaran luar adalah suatu motor dimana proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan di luar dari mekanisme/konstruksi mesin. Dari ruang pembakaran energi panas tersebut dialirkan ke konstruksi mesin melalui media penghubung lagi. Contoh motor pembakaran luar adalah (1) mesin uap/turbin uap dan (2) Mesin Nuklir/Turbin Nuklir.

2. Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Pada motor pembakaran dalam, proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan di dalam konstruksi mesin itu sendiri dan tempat terjadinya proses pembakaran itu disebut ruang bakar. Contohnya adalah (1) motor bensin, (2) motor diesel, dan (3) mesin Jet.

Motor bakar pada umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu Motor Bensin (Otto) dan Motor Diesel. Perbedaan kedua jenis motor tersebut sangat jelas sekali yaitu jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin (premium), sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama juga terletak pada sistem penyalanya, di mana pada motor bensin digunakan busi sebagai sistem penyalanya sedangkan pada motor diesel memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar solar.

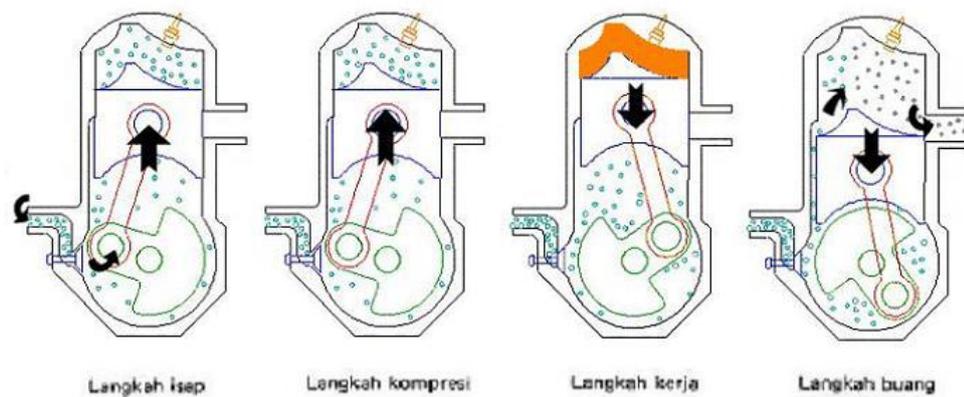
3. Motor Bensin

Yang menjadi ciri utama dari motor bensin adalah proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang silinder pada volume tetap. Proses pembakaran pada volume tetap ini disebabkan pada waktu terjadi kompresi, dimana campuran bahan bakar dan udara mengalami proses kompresi di dalam silinder, dengan adanya tekanan ini bahan bakar dan udara dalam keadaan siap terbakar dan busi meloncatkan bunga listrik sehingga terjadi pembakaran dalam waktu yang singkat sehingga campuran tersebut terbakar habis seketika dan menimbulkan kenaikan suhu dalam ruang bakar.

a. Prinsip Kerja Motor Bensin

Prinsip kerja motor bakar dibedakan menjadi dua, yaitu motor 2 langkah dan 4 langkah.

a) Motor Bensi 2 Langkah



Gambar 1. Skema Gerakan Torak 2 Langkah

Motor bensin 2 langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol atau dalam dua kali gerakan piston.

Pada gambar 1 merupakan kerja pada motor 2 langkah, jika piston bergerak naik dari titik mati bawah ke titik mati atas maka saluran bilas dan saluran buang akan tertutup. Dalam hal ini bahan bakar dan udara dalam ruang bakar dikompresikan. Sementara itu campuran bahan bakar dan udara masuk ruang engkol, beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas, busi akan meloncatkan api sehingga terjadi pembakaran bahan bakar.

Prinsip kerja dari motor 2 langkah :

Langkah hisap :

1. Torak bergerak dari TMA ke TMB.
2. Pada saat saluran bilas masih tertutup oleh torak, didalam bak mesin terjadi kompresi terhadap campuran bahan bakar dan udara.
3. Di atas torak, gas sisa hasil pembakaran sebelumnya sudah mulai terbangun keluar saluran buang.
4. Saat saluran bilas terbuka, campuran bahan bakar dan udara mengalir melalui saluran bilas menuju kedalam ruang bakar.

Langkah kompresi :

1. Torak bergerak dari TMB ke TMA.
2. Rongga bilas dan rongga buang tertutup, terjadi langkah kompresi dan setelah mencapai tekanan tinggi busi memercikkan bunga api untuk membakar campuran bahan bakar dengan udara tersebut.
3. Pada saat yang bersamaan, dibawah (di dalam bak mesin) bahan bakar yang baru masuk kedalam bak mesin melalui saluran masuk.

Langkah kerja/ekspansi :

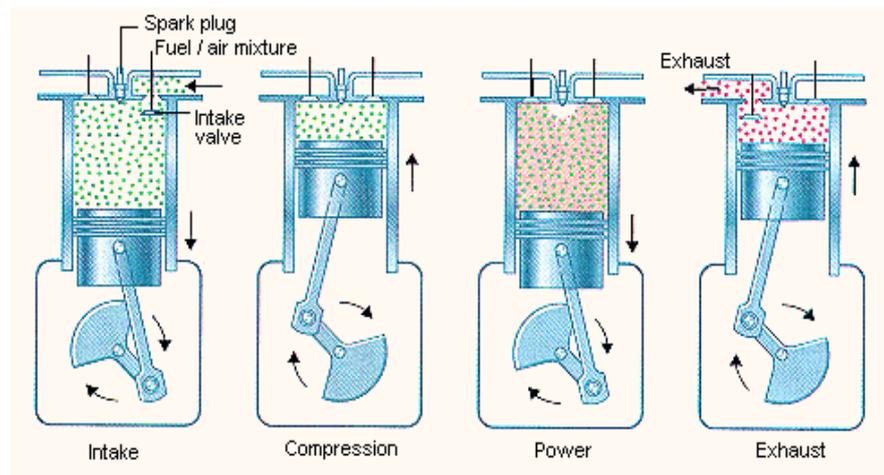
1. Torak kembali dari TMA ke TMB akibat tekanan besar yang terjadi pada waktu pembakaran bahan bakar
2. Saat itu torak turun sambil mengkompresi bahan bakar baru didalam bak mesin.

Langkah buang :

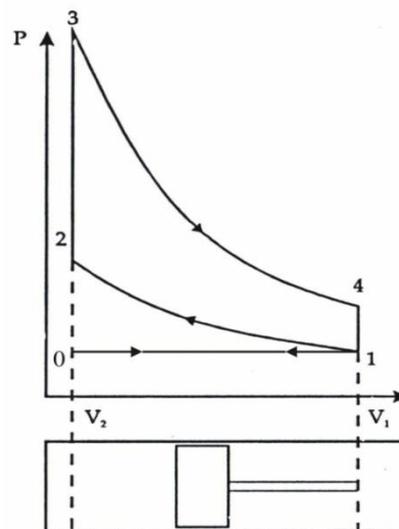
1. Menjelang torak mencapai TMB, saluran buang terbuka dan gas sisa pembakaran mengalir terbang keluar.
2. Pada saat yang sama bahan bakar baru masuk ke dalam ruang bahan bakar melalui rongga bilas.
3. Setelah mencapai TMB kembali, torak mencapai TMB untuk mengadakan langkah sebagai pengulangan dari yang dijelaskan diatas.

b) Motor Bensin 4 Langkah

Motor bakar bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin dan untuk menyelesaikan satu siklusnya diperlukan empat langkah piston dan dua kali putaran poros engkol, seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Siklus motor bakar bensin 4 langkah



Gambar 3. Diagram P - v dari siklus ideal motor bakar bensin 4-langkah(Wardono, 2004).

Untuk lebih jelasnya proses-proses yang terjadi pada motor bakar bensin 4-langkah dapat dijelaskan melalui siklus ideal dari siklus udara volume konstan seperti ditunjukkan pada gambar 3.

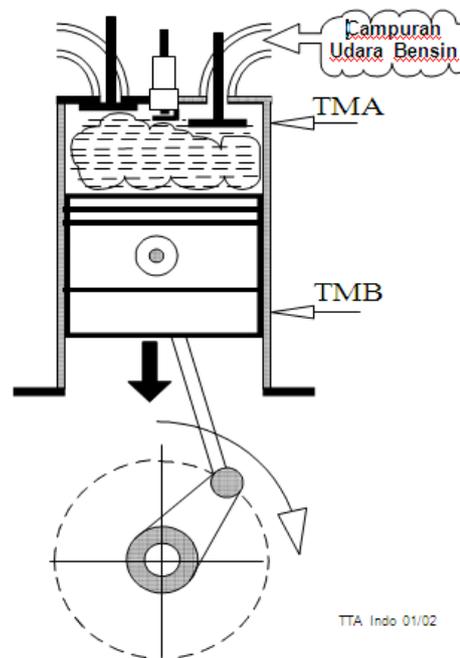
Keterangan mengenai proses-proses pada siklus udara volume konstan dapat dijelaskan sebagai berikut :

Pertama-tama piston harus diberi kerja awal dengan cara (menstarter, mengengkol atau mendorong).

a. Proses $0 \rightarrow 1$: Langkah hisap (*Intake*)

Pada langkah hisap campuran udara-bahan bakar dari karburator terhisap masuk ke dalam silinder dengan Bergeraknya piston ke bawah, dari TMA menuju TMB. Katup hisap pada posisi terbuka, sedang katup buang pada posisi tertutup. Di akhir langkah hisap, katup hisap tertutup secara otomatis. Fluida kerja dianggap sebagai

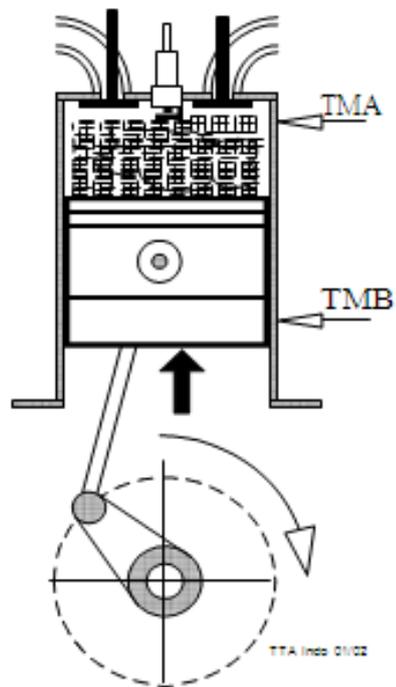
gas ideal dengan kalor spesifik konstan. Proses dianggap berlangsung pada tekanan konstan.



Gambar 4. Langkah hisap

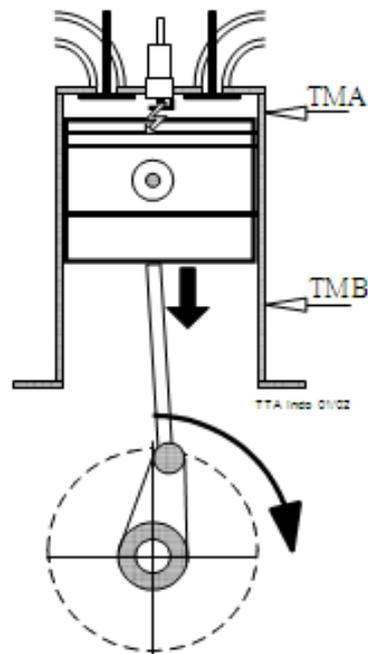
b. 1) Proses 1→2 : Langkah kompresi (*Compression*)

Pada langkah kompresi katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak ke atas, dari TMB menuju TMA. Akibatnya campuran udara-bahan bakar terkompresi. Proses kompresi ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan campuran tersebut, karena volumenya semakin kecil. Campuran udara-bahan bakar terkompresi ini menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses kompresi ini dianggap berlangsung secara isentropik.



Gambar 5. Langkah kompresi

2) Proses 2→3 : Langkah pembakaran volume konstan



Gambar 6. Langkah Pembakaran

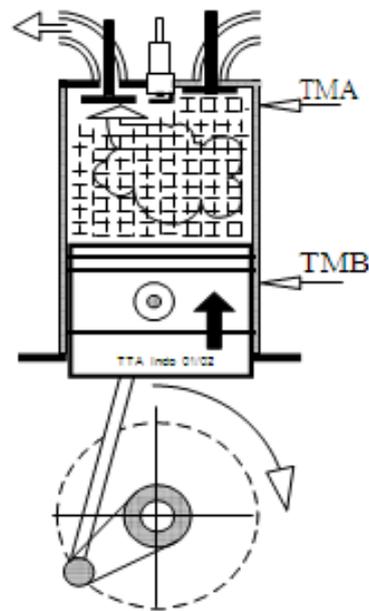
Pada saat piston hampir mencapai TMA, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara-bahan bakar terkompresi sehingga sesaat kemudian campuran udara-bahan bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Kedua katup pada posisi tertutup. Proses ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

c. Proses 3→4 : Langkah kerja/ekspansi (*Expansion*)

Kedua katup masih pada posisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi selanjutnya mampu mendorong piston untuk bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Dengan Bergeraknya piston menuju TMB, maka volume gas pembakaran di dalam silinder semakin bertambah, akibatnya temperatur dan tekanannya turun. Proses ekspansi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

d. 1) Proses 4→1 : Langkah buang volume konstan (*Exhaust*)

Saat piston telah mencapai TMB, katup buang telah terbuka secara otomatis sedangkan katup hisap masih pada posisi tertutup. Langkah ini dianggap sebagai langkah pelepasan kalor gas pembakaran yang terjadi pada volume konstan.



Gambar 7. Langkah buang

2) Proses $1 \rightarrow 0$: Langkah buang tekanan konstan

Selanjutnya piston bergerak kembali dari TMB menuju TMA. Gas pembakaran didesak keluar melalui katup buang (saluran buang) dikarenakan bergerakinya piston menuju TMA. Langkah ini dianggap sebagai langkah pembuangan gas pembakaran pada tekanan konstan.

4. Motor Diesel

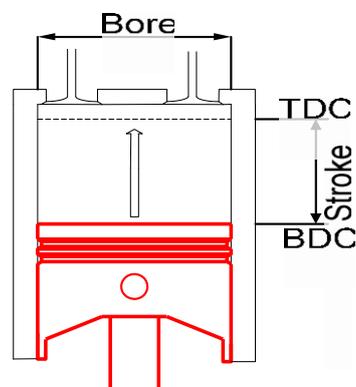
Motor diesel memiliki ciri utama yaitu pembakaran bahan bakar di dalam silinder berlangsung pada tekanan konstan, dimana gas yang dihisap pada langkah hisap yang merupakan udara murni tersebut berada di dalam silinder pada waktu piston berada di titik mati atas. Bahan bakar yang masuk kedalam silinder oleh *injector* terbakar bersama dengan udara oleh suhu kompresi yang tinggi.

C. KLASIFIKASI MESIN

Berdasarkan perbandingan diameter lubang silinder (*cylinder bore*) dengan langkah torak, maka mesin dapat diklasifikasikan atas tiga tipe, yaitu;

1. *Square Engine*

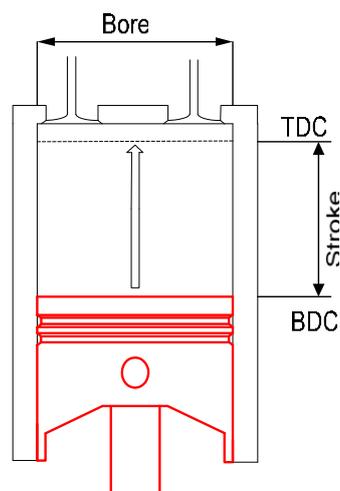
Pada tipe ini, mesin mempunyai langkah torak yang sama dengan diameter silindernya. Tipe ini banyak digunakan pada mobil penumpang.



Gambar 8. *Square Engine*

2. *Long Stroke Engine*

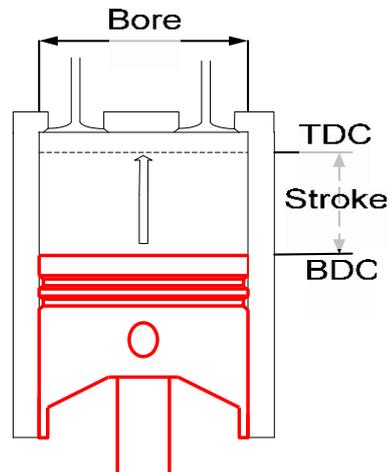
Tipe ini, mesin mempunyai langkah torak yang lebih panjang dari pada diameter silinder.



Gambar 9. *Long Stroke Engine*

3. *Short Stroke Engine*

Pada tipe ini, mesin mempunyai langkah torak yang lebih .pendek dari pada diameter silindernya.



Gambar 10. *Short Stroke Engine*

D. KOMPONEN MESIN BENSIN

1. Blok Silinder

Sebagian besar bagian dari mesin dipasang pada blok silinder, mulai dari kepala silinder, piston, poros engkol, roda penerus dan sebagainya, sehingga blok silinder ini harus kuat.

Fungsi blok silinder adalah sebagai tempat untuk menghasilkan energi panas dari proses pembakaran. Blok silinder merupakan inti dari pada mesin, yang terbuat dari besi tuang. Belakangan ini ada beberapa blok silinder yang terbuat dari paduan aluminium. Blok silinder dilengkapi dengan rangka pada bagian dinding luar untuk memberikan kekuatan pada mesin dan

membantu meradiasikan panas.

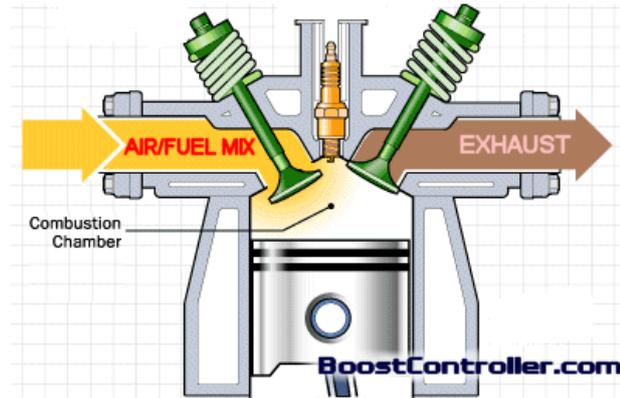
Blok silinder terdiri dari beberapa lubang tabung silinder, yang di dalamnya terdapat piston yang bergerak naik turun. Tiap silinder ditutup bagian atasnya oleh kepala silinder. Poros engkol terpasang di bagian bawah blok silinder. Untuk mekanisme katup tipe OHV, poros nok juga diletakkan di dalam silinder.

Tenaga panas yang dihasilkan oleh pembakaran bensin dirubah menjadi tenaga mekanik, dengan adanya gerak naik turun piston dalam tiap-tiap silinder. Oleh sebab itu, persyaratan suatu silinder adalah;

- a) Tidak boleh terdapat kebocoran campuran bahan bakar dan udara saat berlangsungnya kompresi atau kebocoran gas pembakaran antara silinder dan piston.
- b) Tahanan gesek antara piston dan silinder harus sekecil mungkin.

2. Kepala Silinder

Fungsi kepala silinder antara lain untuk menempatkan mekanisme katup, ruang bakar dan juga sebagai tutup silinder. Kepala silinder ditempatkan di atas blok silinder. Salah satu syarat utama kepala silinder adalah harus tahan terhadap tekanan dan temperatur yang tinggi selama mesin bekerja. Oleh sebab itu umumnya kepala silinder dibuat dari bahan besi tuang. Namun akhir-akhir ini banyak kepala silinder dibuat dari paduan aluminium, terutama motor-motor kecil. Kepala silinder yang terbuat dari paduan aluminium memiliki kemampuan pendinginan lebih besar dibandingkan dengan yang terbuat dari besi tuang.



Gambar 11. Konstruksi kepala silinder

Pada kepala silinder juga dilengkapi dengan mantel pendingin yang dialiri air pendingin yang datang dari blok silinder untuk mendinginkan katup-katup dan busi. Pada bagian bawah kepala silinder terdapat katup-katup dan ruang bakar.

3. Gasket Kepala Silinder

Fungsi gasket kepala silinder adalah sebagai perapat antara kepala silinder dengan blok silinder, untuk mencegah terjadinya kebocoran gas pembakaran, air pendingin dan oli. Syarat suatu gasket kepala silinder harus tahan terhadap panas dan tekanan tinggi dalam setiap perubahan temperatur. Oleh sebab itu umumnya gasket dibuat dari *carbon clad sheet steel*.

4. Bak Oil

Fungsi bak oli (oil pan) adalah untuk menampung oli untuk pelumasan. Bak oli akan menutup bagian bawah dari blok silinder (bak engkol) yang dibautkan dan diberi paking seal atau gasket. Bak oli dibuat dari baja yang dicetak dan dilengkapi dengan penyekat (separator) untuk menjaga agar permukaan oli tetap rata ketika kendaraan pada posisi miring. Pada bagian

bawah bak oli dipasang penyumbat oli (drain plug) yang berfungsi untuk mengeluarkan oli bekas dari mesin.

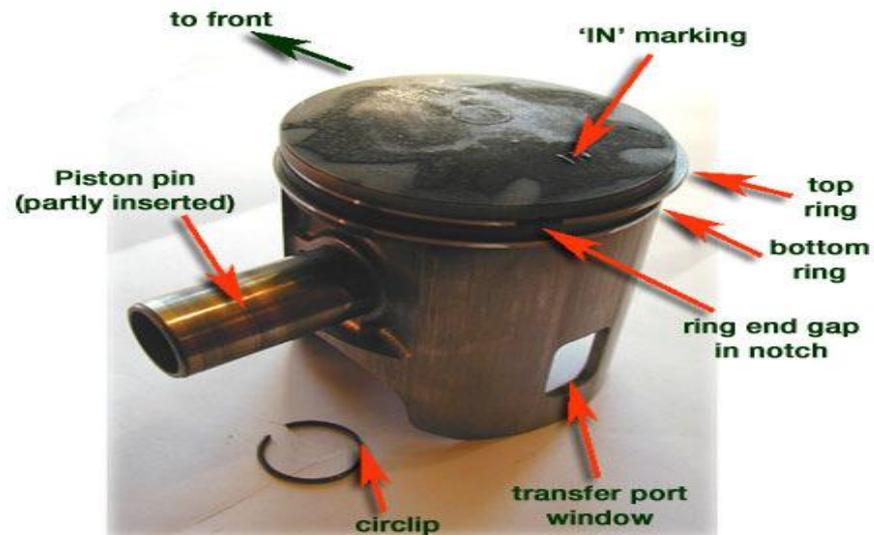
5. Piston

Fungsi piston adalah untuk menerima tekanan hasil pembakaran campuran gas dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol (*crank shaft*) melalui batang piston (*connecting rod*).

a. Konstruksi

Piston bergerak naik turun terus menerus di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan pembuangan. Oleh sebab itu piston harus tahan terhadap tekanan tinggi, suhu tinggi, dan putaran yang tinggi. Piston dibuat dari bahan paduan aluminium, besi tuang, dan keramik. Piston dari bahan aluminium paling banyak digunakan, selain lebih ringan, radiasi panasnya juga lebih efisien dibandingkan dengan material lainnya. gambar 12 berikut menunjukkan konstruksi piston dengan nama komponennya.

Bentuk kepala piston ada yang rata, cembung, dan ada juga yang cekung tergantung dari kebutuhannya. Tiap piston biasanya dilengkapi dengan alur-alur untuk penempatan pegas piston dan lubang untuk pemasangan pena piston.



Gambar 12. Konstruksi piston

Bagian atas piston akan menerima kalor yang lebih besar dari pada bagian bawahnya saat bekerja. Oleh sebab itu, pemuaian pada bagian atas juga akan lebih besar dari pada bagian bawahnya, terutama untuk piston yang terbuat dari aluminium. Agar diameter piston sama besar antara bagian atas dengan bagian bawahnya pada saat bekerja, maka diameter atasnya dibuat lebih kecil dibanding dengan diameter bagian bawahnya, bila diukur pada saat piston dalam keadaan dingin.

b. Celah piston

Celah piston (celah antara piston dengan dinding silinder) penting sekali untuk memperbaiki fungsi mesin dan mendapatkan kemampuan mesin yang lebih baik. Bila celah terlalu besar, tekanan kompresi dan tekanan gas pembakarannya menjadi rendah, dan akan menurunkan kemampuan mesin. Sebaliknya bila celah terlalu kecil, maka akibat pemuaian pada piston menyebabkan tidak akan

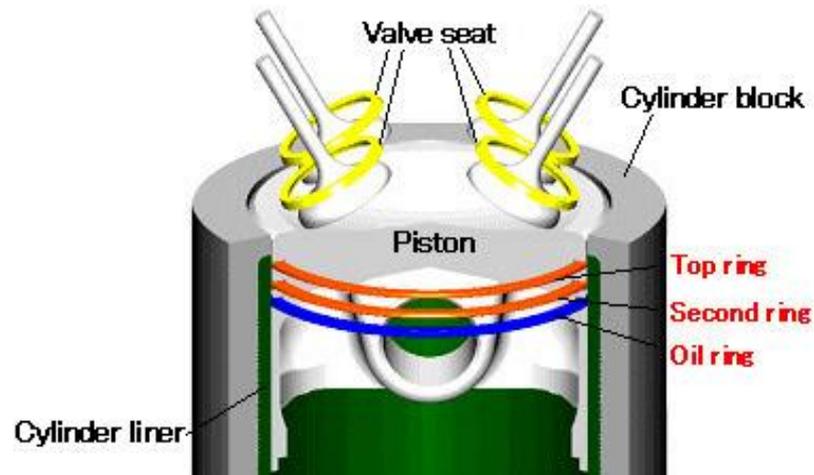
ada celah antara piston dengan silinder ketika mesin panas. Hal ini menyebabkan piston akan menekan dinding silinder dan dapat merusak mesin. Untuk mencegah hal ini pada mesin, maka harus ada celah yaitu jarak antara piston dengan dinding silinder yang disediakan untuk temperatur ruang lebih kurang 25°C . Celah piston bervariasi tergantung pada model mesinnya dan umumnya antara 0,02 mm—0,12 mm.

6. Pegas Piston

Fungsi pegas piston adalah;

- a. Sebagai perapat antara piston dengan dinding silinder agar tidak terjadi kebocoran gas pada saat langkah kompresi dan langkah usaha berlangsung.
- b. Mencegah oli masuk ke ruang bakar
- c. Mengikis kelebihan oli pada dinding silinder
- d. Memindahkan panas dari piston ke dinding silinder untuk membantu mendinginkan piston

Pegas piston bentuknya seperti cincin yang terpotong, dimana bentuk potongannya antara lain berbentuk potongan lurus (*straigh cut*), potongan miring (*diagonal cut*), dan potongan bertingkat (*step cut*) seperti terlihat pada gambar 13 berikut.



Gambar 13. Pegas piston

Pegas piston dipasang dalam alur ring pada piston. Diameter luar dari pegas piston ini ukurannya lebih besar dari diameter piston. Tujuannya agar dapat menekan dinding silinder pada saat terpasang. Pada kedua ujung pegas piston harus terdapat celah agar dapat mencegah patahnya pegas pada saat beroperasi. Celah ini tidak boleh terlalu besar karena akan menyebabkan bocornya oli ke ruang bakar dan juga tidak boleh terlalu kecil karena akan menyebabkan patahnya pegas saat bekerja.

Pegas piston harus terbuat dari bahan yang tahan aus dan tahan lama. Umumnya pegas piston terbuat dari bahan besi tuang spesial, yang tidak merusak dinding silinder. Jumlah pegas piston bermacam-macam tergantung jenis mesin dan umumnya antara 3-4 pegas untuk setiap piston, yang terdiri dari dua atau lebih pegas kompresi dan satu pegas minyak.

Pegas piston akan mengembang bila dipanaskan dan begitu juga halnya dengan piston. Dengan alas an ini, maka pegas piston dipotong pada suatu

tempat dan celahnya diposisikan pada sebelah kiri ketika terpasang di dalam silinder. Celah ini disebut celah ujung pegas (*ring end gap*). Besar celah ini bermacam-macam tergantung pada jenis mesin dan umumnya antara 0,2 mm-0,5 mm pada temperature ruangan.

a. Pegas kompresi

Pegas kompresi berfungsi sebagai perapat antara piston dengan dinding silinder agar tidak terjadi kebocoran campuran bensin dengan udara pada saat langkah kompresi dan langkah usaha berlangsung dari ruang bakar ke bak engkol. Jumlah pegas kompresi ini umumnya ada dua buah untuk masing- masing piston, namun ada juga yang lebih dari dua. Pegas kompresi paling atas disebut "*Top compression ring*" dan selanjutnya "*Second compression ring*".



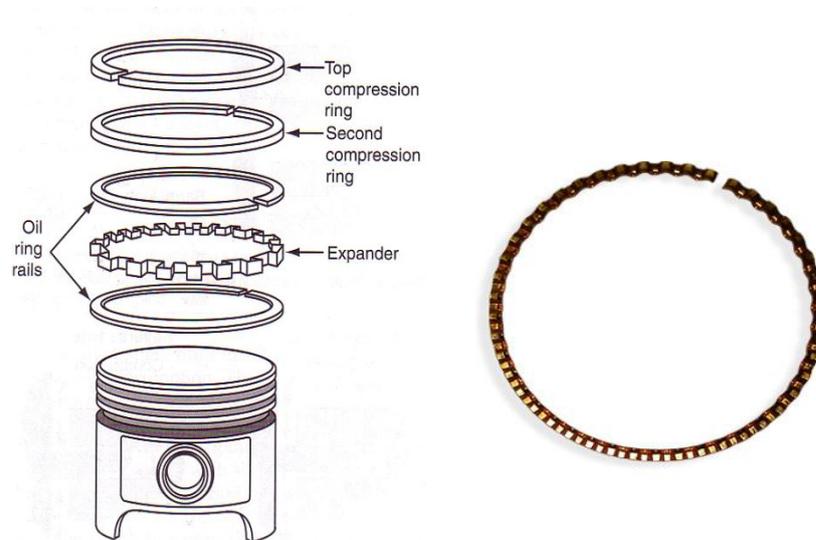
Gambar 14. Pegas kompresi piston

Tepi bagian atas pegas kompresi agak runcing dan bersentuhan dengan dinding silinder. Hal ini dirancang; (1) untuk menjamin agar dapat

menutup hubungan antara pegas dan silnder dan (2) untuk mengikis oli mesin dari dinding silinder secara efektif.

b. Pegas minyak

Pegas minyak diperlukan untuk membentuk lapisan oli yang tipis antara piston dengan dinding silinder. Hal ini sangat penting sekali untuk mencegah keausan yang berlebihan antara dinding silinder dengan piston dan juga untuk memperkecil timbulnya panas akibat gesekan antara piston dan ring piston dengan silinder. Ada dua tipe pegas minyak, yaitu tipe *integral* dan tipe *three piece*.



Gambar 15. Pegas minyak piston

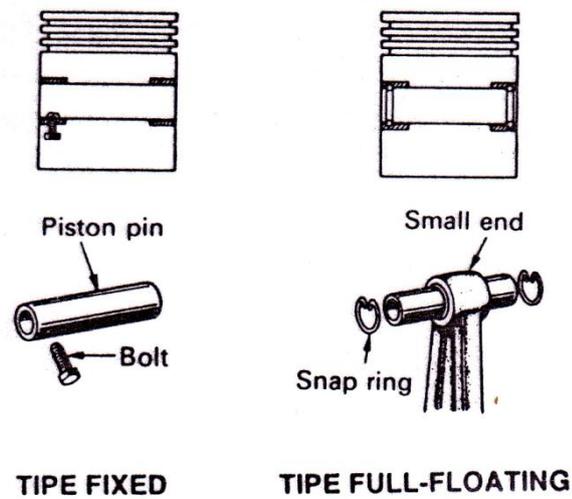
Pada saat piston bergerak dari TMB ke TMA, minyak akan melumasi dinding silinder melalui lubang-lubang yang ada pada piston dan pegas minyak. Selanjutnya pada saat piston bergerak dari TMA ke TMB, oli akan terkikis lagi oleh ring piston dan mengalir kembali ke oil pan. Hanya sebagian kecil saja dari minyak ini yang masih melapisi antara piston dengan dinding silinder.

7. Pin Piston

Fungsi pin piston adalah menghubungkan piston dengan bagian ujung yang kecil (*small end*) pada batang piston (*connecting rod*) melalui bushing dan meneruskan tekanan pembakaran yang diterima piston ke batang piston.

Pin piston umumnya terbuat dari baja nikel. Diameternya dibuat besar agar luas bidang gesek menjadi besar dan tahan terhadap keausan. Selain besar, pin piston juga dibuat berlubang agar lebih ringan sehingga berat keseluruhan piston dapat dibuat lebih ringan dan mudah untuk membalansnya.

Untuk mencegah keluarnya pin piston dari lubangnya, maka penempatan pin piston pada piston ada beberapa macam cara, yaitu; (1) tipe *fixed*, (2) tipe *semi floating*, dan (3) tipe *full floating*. Pada model *full floating*, pin piston tidak terikat pada bushing piston atau batang piston, sehingga dapat bergerak bebas. Pada kedua ujung pin piston ditahan oleh 2 buah pegas pengunci (*snap ring*). Pada model *semi floating* pin piston dipasang dan dibaut pada batang piston untuk mencegah lepas keluar atau bagian ujung yang kecil terbagi dalam dua bagian dan pena piston dibaut antara keduanya. Pada model *fixed*, salah satu ujung pin pistonnya dibautkan pada piston



Gambar 16. Pin piston

8. Batang Piston

Fungsi batang piston adalah menerima tenaga dari piston yang diperoleh dari pembakaran dan meneruskannya ke poros engkol. Bagian ujung batang piston yang berhubungan dengan pin piston disebut *small end*. Sedangkan yang berhubungan dengan poros engkol disebut *big end*.



8-94329692-3

Gambar 17. Batang Piston

Poros engkol berputar pada kecepatan tinggi di dalam *big end*, dan mengakibatkan temperatur menjadi naik. Untuk menghindari hal tersebut, maka metal dipasangkan dalam big end. Metal ini dilumasi dengan oli dan sebagian dari oli ini dipercikkan dari lubang oli ke bagian dalam piston untuk mendinginkan piston.

9. Poros Engkol

Fungsi poros engkol adalah untuk merubah gerak turun naik piston menjadi gerak putar yang akhirnya menggerakkan roda penerus. Tenaga (torgue) yang digunakan untuk menggerakkan roda kendaraan dihasilkan oleh gerakan batang torak dan dirubah menjadi gerakan putaran pada poros engkol. Poros engkol menerima beban besar dari piston dan batang piston serta berputar pada kecepatan tinggi. Dengan alasan tersebut, poros engkol umumnya terbuat dari baja karbon dengan tingkatan dan daya tahan yang tinggi.



Gambar 18. Poros engkol

Untuk jenis mesin dengan susunan silinder sejajar satu garis (*in-line*), banyaknya pena engkol (*crank pin*) sama dengan banyaknya silinder. Mesin

dengan susunan silinder yang membentuk sudut atau mesin V dan H, jumlah pena engkol biasanya separuh dari jumlah silindernya.

Bentuk poros engkol di samping ditentukan oleh banyak silindernya, juga ditentukan oleh urutan pengapiannya. Dalam menentukan urutan pengapian (*firing order*) dari suatu mesin yang perlu diperhatikan adalah keseimbangan getaran akibat pembakaran, beban dari bantalan utama dan sudut puntiran yang terjadi pada poros engkol akibat adanya langkah kerja dari tiap silinder.

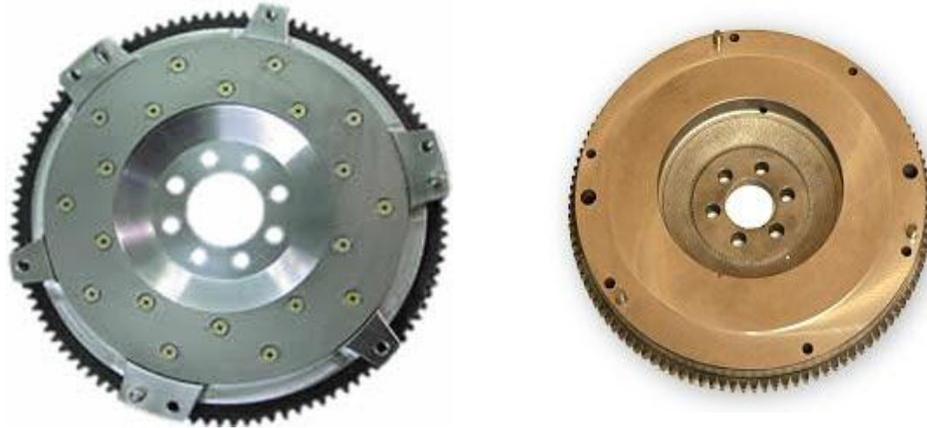
Oli pelumas harus disalurkan dengan cukup untuk mencegah kontak langsung logam dengan logam antara *fixed* bearing dan poros engkol selama berputar pada bantalan. Diperlukan adanya celah yang tepat antara bantalan dan poros engkol untuk membentuk lapisan oli (*oil film*). Celah ini disebut celah oli (*oil clearance*). Ukurannya bermacam-macam tergantung pada jenis mesinnya umumnya berkisar antara 0,02 mm—0,06 mm.

10. Roda Penerus

Fungsi roda penerus adalah menyimpan tenaga putar (*inertia*) yang dihasilkan pada langkah usaha, agar poros engkol (*crank shaft*) tetap berputar terus pada langkah lainnya. Roda penerus menyimpan tenaga putar selama langkah lainnya, sehingga poros engkol cenderung berputar terus menerus. Hal ini menyebabkan mesin berputar dengan lembut yang diakibatkan oleh getaran tenaga yang dihasilkan.

Roda penerus terbuat dari bahan baja tuang dengan mutu tinggi yang diikat oleh baut pada bagian belakang poros engkol pada kendaraan yang

menggunakan transmisi manual. Roda penerus dilengkapi dengan ring gear yang dipasangkan dibagian luar gunanya untuk perkaitan dengan gigi pinion dari motor starter. Pada kendaraan dengan transmisi otomatis, sebagai pengganti roda penerus adalah *torgue converter*.



Gambar 19. Roda penerus

11. Bantalan

Fungsi bantalan adalah mencegah keausan dan mengurangi gesekan pada poros engkol. Jurnal poros engkol menerima beban yang besar dari tekanan gas pembakaran dari piston dan berputar pada putaran tinggi. Oleh sebab itu digunakan bantalan-bantalan antara pin dengan jurnal yang dilumasi dengan oli untuk mencegah keausan serta mengurangi gesekan.

Bantalan tipe sisipan (*insert type bearing*) yang banyak digunakan mempunyai daya tahan serta kemampuan mencegah keausan yang baik. Tipe bantalan sisipan ini terdiri dari lapisan baja dan lapisan metal di dalamnya. Lapisan baja mempunyai bibir pengunci untuk mencegah agar bantalan

tidak ikut berputar. Tipe bantalan sisipan ini ada beberapa macam, masing-masing mempunyai lapisan metal yang berbeda. Umumnya bantalan sisipan dibuat dari bahan (1) logam putih, (2) logam kelmet, dan (3) logam aluminium.

12. Mekanisme Katup

Pada sistem motor bakar 4 tak untuk memasukkan campuran bahan bakar-udara dan membuang gas bekas hasil pembakaran dari dalam silinder diperlukan adanya katup masuk dan katup buang. Mekanisme yang membuka dan menutup katup-katup ini disebut mekanisme katup. Berikut ini akan diuraikan konstruksi dan komponen mekanisme katup yang banyak digunakan pada kendaraan.

Konstruksi katup

a. Katup

Katup berfungsi untuk membuka dan menutup saluran hisap dan saluran buang. Tiap silinder dilengkapi minimal dengan dua katup yaitu katup masuk dan katup buang. Konstruksi katup terdiri dari kepala katup (*valve head*) dan batang katup (*valve stem*). Katup ini menyerupai jamur. Pada kepala katup, bentuknya disesuaikan dengan kebutuhan agar gas yang keluar masuk dapat mengalir dengan lancar.



Gambar 20. Katup

Daun katup masuk diameternya dibuat lebih besar jika dibandingkan dengan daun katup buang. Tujuannya agar pemasukan gas bersih dapat lebih sempurna. Temperatur rata-rata yang terjadi pada daun katup hisap adalah antara 250°C sampai dengan 275°C , sedangkan untuk katup buang berkisar antara 700°C sampai dengan 760°C . Dengan temperatur seperti tersebut di atas, maka daun katup buang dibuat dari bahan yang lebih kuat dari pada daun katup masuk. Agar katup menutup rapat padaudukannya, maka permukaan sudut katup (*valve face angle*) dibuat pada $44,5^{\circ}$ atau $45,5^{\circ}$

b. Poros Nok (*Chamshaft*)

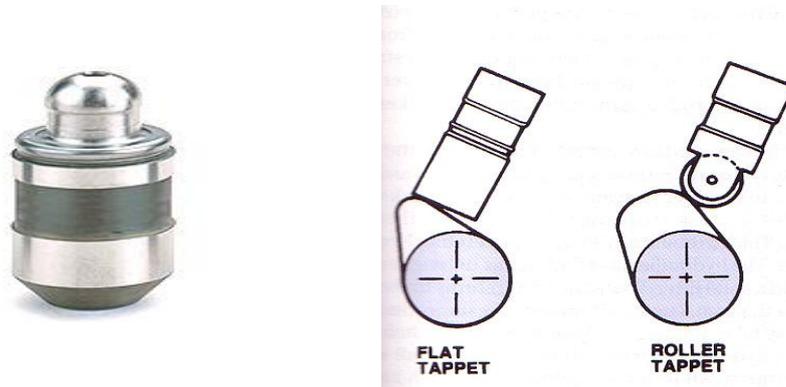
Poros nok dilengkapi dengan jumlah nok yang sama yaitu untuk katup hisap dan katup buang. Nok ini akan membuka dan menutup katup sesuai dengan timing (saat) yang ditentukan. Gigi penggerak distributor dan nok penggerak pompa bensin juga dihubungkan dengan poros nok.



Gambar 21. Poros nok

c. Pengangkat katup (*valve lifter*)

Pengangkat katup berfungsi untuk membuka dan menutup katup dengan cara memindahkan gerakan dari nok. Pengangkat katup bergerak turun dan naik, karena gerakan pada pengantarnya yang terdapat di dalam blok silinder saat sumbu nok berputar dan menggerakkan katup untuk membuka dan menutup. Mesin yang mempunyai pengangkat katup konvensional celah katupnya harus disetel dengan tepat, sebab tekanan panas mengakibatkan pemuaian pada komponen kerja katup. Namun untuk pengangkat katup hidraulis celah katupnya dipertahankan pada 0 mm setiap saat dan bebas penyetelan. Hal ini dapat dicapai dengan *hydraulic lifter* atau *sealed hydraulic lifter* yang terdapat pada mesin tipe OHV atau katup last adjuster yang terdapat pada mesin tipe OHC.



Gambar 22. Pengangkat katup

d. Batang penekan (*push rod*)



Gambar 23. Batang penekan

Batang penekan berbentuk batang kecil yang masing-masing dihubungkan pada pengangkat katup (*valve lifter*) dan *rocker arm* pada mesin OHV. Batang katup ini meneruskan gerakan dari pengangkat katup ke *rocker arm*.

e. *Rocker Arm*

Rocker arm dipasang pada *rocker arm shaft*. Bila *rocker arm* ditekan ke atas oleh batang penekan (*push rod*), katup akan tertekan dan membuka.

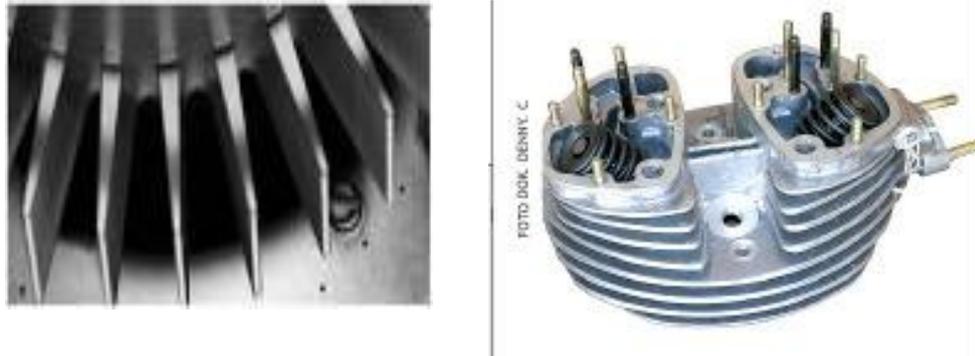
Rocker arm dilengkapi dengan skrup dan mur pengunci (*lock nut*) untuk penyetelan celah katup. *Rocker arm* yang menggunakan pengangkat katup hidraulis tidak dilengkapi dengan skrup dan mur penyetelan.

E. SISTEM PENDINGINAN

Pada motor bensin hanya 23 % sampai 28% energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam silinder yang dimanfaatkan secara efektif sebagai tenaga. Sebagian panas keluar menjadi gas bekas dan sebagian lagi hilang dalam berbagai bentuk. Apabila sebagian panas yang dihasilkan dari pembakaran tidak dibuang, maka komponen mesin yang berhubungan dengan panas pembakaran tadi akan mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan dan cenderung merubah sifat-sifatnya serta bentuk dari komponen mesin tersebut. Oleh sebab itu, panas yang diserap oleh mesin harus dibuang ke udara dengan segera. Maka sistem pendinginan dilengkapi di dalam mesin untuk mendinginkan dan mencegah panas yang berlebihan.

1. Sistem Pendinginan Udara

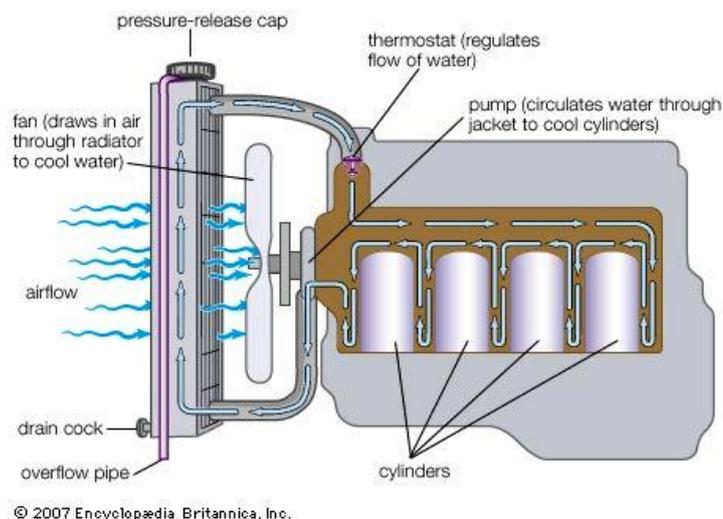
Pada sistem ini, panas yang dihasilkan dari pembakaran gas di dalam silinder didinginkan dengan menggunakan sirip-sirip pendingin yang dipasang di bagian luar dari silinder. Sistem pendingin udara ini mempunyai keterbatasan dalam hal kemampuan untuk mendinginkan, sehingga hanya cocok untuk mesin kapasitas kecil seperti sepeda motor.



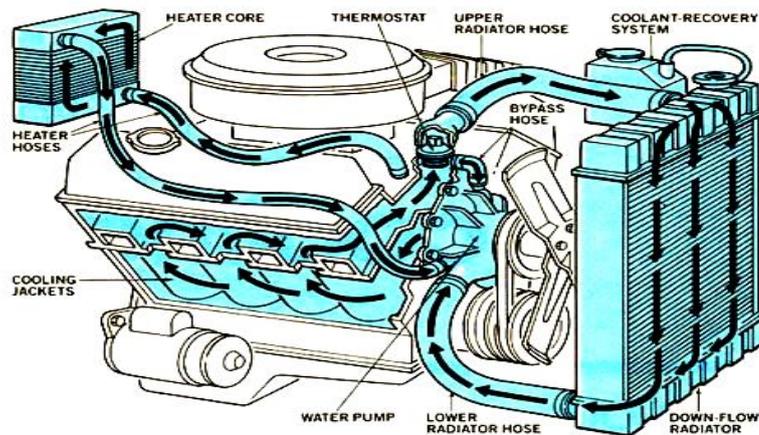
Gambar 24. Sirip pendinginan pada sistem pendinginan udara

2. Sistem Pendinginan Air

Sistem pendingin air mempunyai yang lebih rumit jika dibandingkan dengan sistem pendinginan udara. Namun mempunyai keuntungan, yaitu lebih aman, sebab ruang bakar dikelilingi oleh pendingin. Konstruksi sistem pendinginan air terdiri dari radiator, pompa air, kipas, tutup radiator, tangki reservoir, katup thermostat.



Gambar 25.a. Konstruksi sistem pendinginan air



Gambar 25.b. Cara kerja sistem pendinginan air

F. TABUNG INDUKSI

Tabung induksi (*induction chamber*), atau yang lebih populer disebut dengan tabung YEIS (*Yamaha Energy Induction System*) merupakan sebuah penemuan yang sangat efisien dan penggunaannya dapat ditemukan pada sepeda motor 2 tak jenis Yamaha RX-King. Pada sepeda motor jenis Yamaha RX-King, tabung YEIS berfungsi untuk menyimpan campuran bahan bakar dan udara yang terbuang dari ruang karter dan kembali ke *intake manifold*. Kemudian campuran bahan bakar dan udara tersebut akan kembali masuk ke ruang karter ketika terjadi langkah isap (Julianto, 2007).

YEIS atau *Yamaha Energy Induction System* adalah suatu alat tambahan dalam sistem pemasukan yang semula didesain untuk meningkatkan efisiensi pada mesin-mesin 2 langkah. Teknologi ini bukan hal baru dan merupakan trend pada tahun 80-an. Hampir semua produsen motor 2 langkah seperti Honda, Yamaha, Suzuki, Kawasaki, Aprilia, KTM, Husqvarna, Polaris dan

Husaberg menjadikan sistem ini sebagai standar mereka. Namanya pun beragam tergantung produsen yang menggunakannya. Di luar negeri teknologi ini lebih dikenal dengan nama *Boost Bottle*, *intake chamber* atau *Hemholtz Chamber*. Secara umum, teknologi ini disebut dengan nama *Intake Chamber* (IC). Produsen pertama yang mempublikasikan secara mendetail mengenai penelitian mereka tentang IC ini adalah YAMAHA, hal ini dapat dilihat pada *SAE Paper* no. 810932 – *Modification of Two Stroke Intake System for Improvements of Fuel Consumption and Performance through the Yamaha Energy Induction System (YEIS)*, by Noriyuki Hata, Takeo Fujita, dan Noritaka Matsuo – Yamaha Motor Co., Ltd. (Kinganang96, 2007).

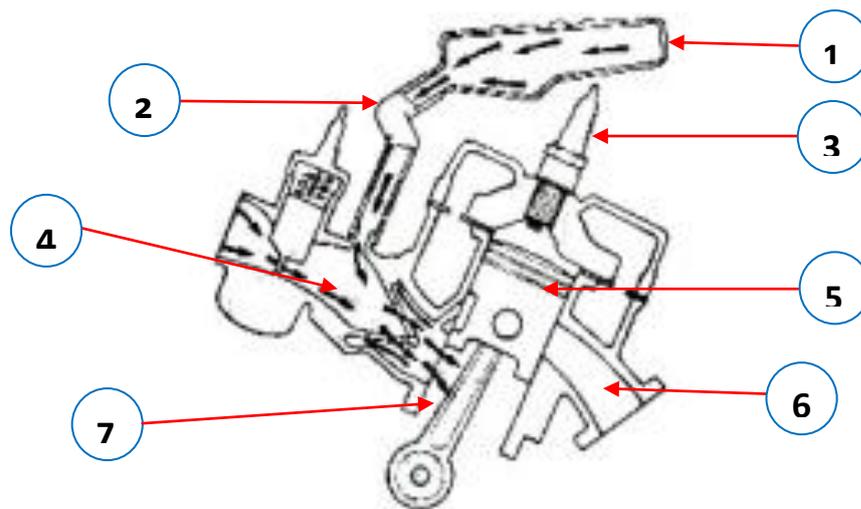
Tabung induksi merupakan sebuah botol kecil yang dihubungkan dengan sebuah pipa atau selang sehingga terhubung dengan *intake manifold*. Pada mesin 2-langkah, tabung induksi dapat menyimpan 10-15% campuran bahan bakar dan udara yang disuplai oleh *karburator* ke ruang bakar, sehingga mesin lebih bertenaga pada saat putaran rendah (Anonim1, tt). Gambar 26 merupakan salah satu bentuk dari tabung induksi.



Gambar 26. Tabung induksi

Prinsip kerja dari tabung induksi adalah menampung uap bahan bakar yang tersisa dari percampuran antara bensin dan udara ke dalam sebuah tabung. Uap di dalam tabung ini (tabung induksi) kemudian akan dikeluarkan pada saat mesin mengalami langkah hisap yang tentunya membutuhkan suplai bahan bakar untuk pembakaran di dalam mesin. Karena uap bahan bakar dan udara sudah tersedia di dalam tabung induksi tersebut, maka suplai bahan bakar dan udara pada ruang bakar akan lebih cepat sehingga menyebabkan akselerasi mesin meningkat (Nn, 2006).

Berikut ini adalah gambaran mekanisme kerja tabung induksi pada mesin 2 langkah.



Gambar 27. Mekanisme tabung induksi pada mesin 2 langkah

Keterangan gambar :

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| 1. Tabung induksi | 5. Piston |
| 2. Selang penghubung | 6. <i>Exhaust</i> |
| 3. Busi | 7. Ruang karter |
| 4. <i>Intake manifold</i> | |

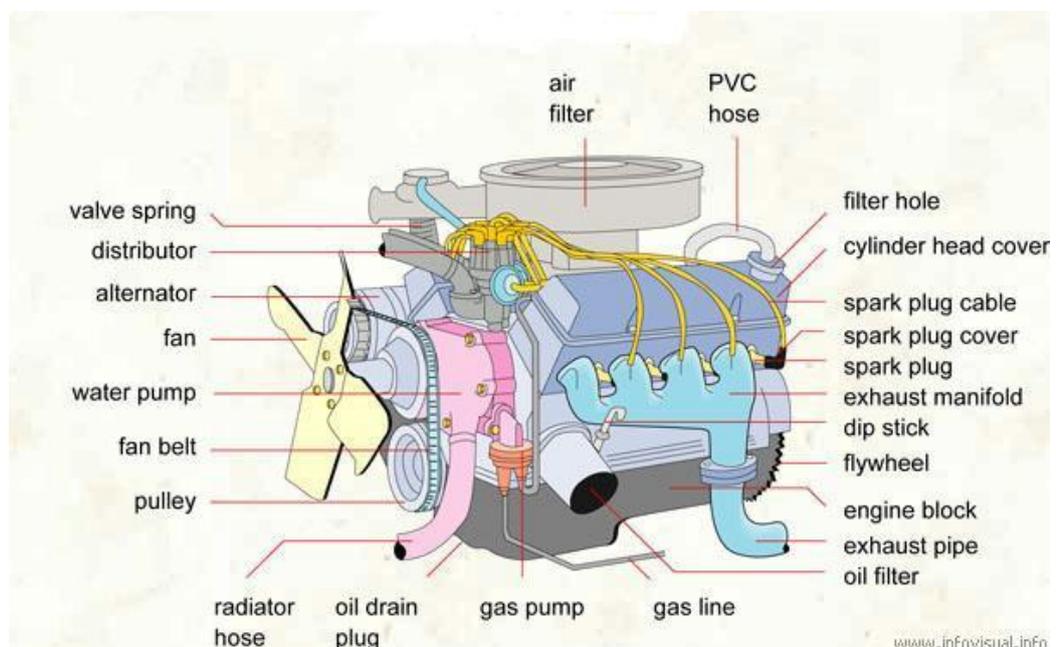
Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan oleh Yamaha, didapatkan kesimpulan bahwa YEIS berfungsi optimal pada kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Frekuensi maksimum dari tabung induksi harus dibuat sama dengan frekuensi (rpm) pada saat mesin mengalami TOT (*through of torque*) atau pada saat tenaga mesin menurun dan konsumsi bahan bakar pun menurun.
2. Volume dari tabung induksi harus dibuat minimal sama dengan volume silinder mesin.

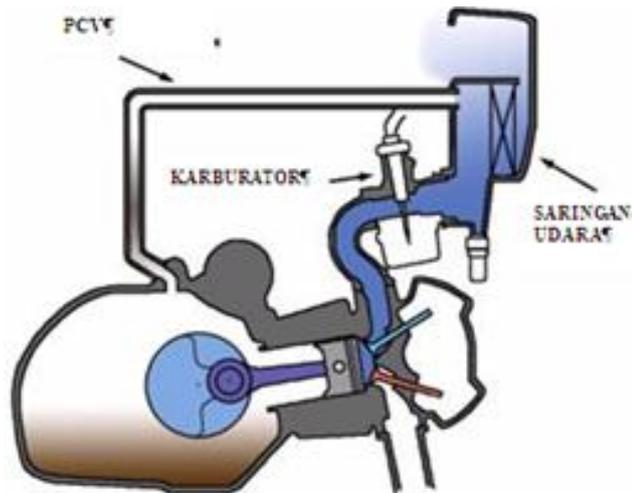
Posisi pengeboran pada *intake manifold* sebisa mungkin berada dekat dengan katup hisap sepeda motor dan berada sejauh mungkin dengan *karburator*, hal ini bertujuan untuk menghindari adanya sisa campuran bahan bakar dan udara yang kembali ke *karburator*, sehingga aliran sisa campuran bahan bakar dan udara dapat sepenuhnya masuk ke dalam tabung induksi maupun saluran tabung induksi.

Pengeboran *intake manifold* yang terlalu dekat dengan *karburator* akan menyebabkan sisa campuran bahan bakar dan udara terbagi dua, yaitu ke *karburator* dan ke tabung induksi, seperti yang terjadi pada aliran pipa bercabang yang membagi aliran ke sejumlah cabang pipa tersebut (Priyono, 1999). Peristiwa masuknya kembali sisa campuran bahan bakar dan udara ke dalam *karburator* sering disebut dengan (*blow back*) yang tidak berdampak baik pada mesin. Dari hasil percobaan juga diketahui bahwa tabung induksi tidak menunjukkan pengurangan output mesin yang berarti pada saat kondisi bukaan gas penuh (Kinganang96, 2007).

Seperti yang disampaikan pada seminar “ Wirausaha perbengkelan Otomotif sebagai Alternatif Usaha Bagi Calon Purna Karya” PT KPI-KEPURUN, 25-26 Mei 2004, pada mobil kijang juga terdapat teknologi penurun emisi gas buang yang memiliki fungsi hampir sama dengan tabung induksi. Teknologi ini dikenal dengan nama *Positive Crankcase Ventilation (PCV)*. PCV terpasang diantara *cover cylinder head* dan *intake manifold*. Fungsi katup PCV adalah untuk menyalurkan *blow-by* gas ke dalam ruang bakar agar dapat dibakar kembali. Sekitar 70–80% gas yang terdapat dalam *crankcase*/karter berupa HC yang tidak terbakar dan sisanya 20–30% berupa uap air dan gas asam Sisa tersebut dapat menyebabkan kerusakan pelumas mesin dan membuat karter berkarat. PCV bertujuan untuk membuang sisa gas dari *crankcase* sebelum terjadi kerusakan dan mencampurnya dengan pengisian campuran bahan bakar dan udara normal.



Gambar 28. PCV pada mobil



Gambar 29. PCV pada sepeda motor

G. TABUNG INDUKSI PADA MOTOR 4 LANGKAH

Menurut John Robinson, pemakaian *intake chamber* atau tabung induksi pada motor 4-langkah juga memberikan keuntungan dengan mengurangi *blow-back* di karburator. Hasilnya tentu tenaga dan konsumsi bahan bakar menjadi lebih baik pada putaran rendah (Kinganang96, 2007). Cara paling sederhana untuk dapat mengetahui terjadinya *blow-back* adalah dengan membuka saringan udara dan melihat saat *karburator* mengeluarkan kabut tipis. (<http://duaroda.com/baca/2009/11/22/yamaha-energy-induction-system-intake-chamber-boost-bottle>).

Hal yang dikemukakan oleh John robinson tersebut senada dengan beberapa pendapat dari komunitas Honda Tiger Indonesia yang telah menguji cobakan tabung induksi pada sepeda motor Honda Tiger yang memiliki siklus pembakaran 4 langkah. Menurut bebrapa orang dari komunitas Honda Tiger Indonesia, pemakaian tabung induksi pada motor 4 langkah dapat

meningkatkan akselerasi sepeda motor pada putaran rendah. Menurut topik yang diposting oleh Kinganang⁹⁶ (2007), pemakaian tabung induksi (*intake Chamber*) pada sepeda motor 4 langkah (GL Pro) sangat meningkatkan respon mesin pada putaran rendah (1000-2000 rpm), masalahnya hanya pada pemasangan tabung induksi yang cukup memakan tempat.

Pemakaian tabung induksi sendiri menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Yamaha harus disesuaikan dengan volume silinder mesin, yaitu sama atau lebih besar daripada volume silinder pada mesin. Semakin besar volume tabung induksi, maka akan semakin efektif pada putaran rendah. Sedangkan untuk putaran yang lebih tinggi, tabung induksi dapat diganti dengan tabung induksi yang volumenya lebih kecil, selama tidak lebih kecil dari volume silinder pada mesin (Kinganang⁹⁶, 2007).

Tabung induksi yang selama ini dipakai pada sepeda motor 4 langkah volumenya cenderung sama atau sedikit lebih besar dari volume silinder mesin (biasanya bervolume 110 – 150 cc, tergantung dari jenis sepeda motor yang akan diberi tabung induksi). Hal ini salah satunya bertujuan agar penempatan tabung induksi dapat lebih efektif. Perbedaan tabung induksi yang diaplikasikan pada sepeda motor 2 langkah dan 4 langkah yang selama ini beredar di pasaran adalah pada jenis bahan, penambahan saluran pada tabung dan volume tabung tersebut.

Jenis bahan yang digunakan pada tabung induksi 4 langkah adalah aluminium atau bahan-bahan yang lebih keras. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kebocoran pada tabung induksi yang disebabkan oleh kevakuman

pada saat mengalami proses pengisapan. Karena semakin kecil volume tabung induksi, maka kevakuman yang diterima oleh setiap bagian dari tabung induksi tersebut akan lebih besar sehingga dapat mengakibatkan kebocoran pada tabung induksi.

Berikut ini ada 2 jenis tabung induksi yang diterapkan pada sepeda motor 4 langkah :

1. Tabung Induksi dengan Satu Saluran

Prinsip kerjanya sama dengan tabung induksi pada sepeda motor 2 langkah. Hanya saja dengan volume tabung yang lebih kecil, maka tabung ini dapat bekerja secara optimal pada putaran menengah (di atas 2700 rpm). Misalkan volume tabung induksi 120 cc dengan panjang selang 15 cm dan diameter selang 8 mm, maka dengan menggunakan rumus Hemholtz mengenai resonansi gas pada tabung, akan didapatkan kerja optimal tabung induksi pada putaran mesin 3500 rpm. Dengan demikian, tabung induksi bekerja secara optimal pada putaran menengah.

Tabung induksi dengan bahan aluminium memiliki ketahanan (untuk mempertahankan bentuknya) yang tinggi. Sehingga pada saat sepeda motor berada pada putaran tinggi dan melakukan langkah hisap akan menimbulkan kerugian kerja pada silinder, karena adanya tahanan yang ditimbulkan oleh bahan aluminium.

2. Tabung Induksi dengan Dua Saluran

Tabung induksi ini memiliki bahan yang sama dengan tabung induksi dengan 1 saluran. Salah satu lubang terhubung dengan intake manifold,

sedangkan lubang yang lainnya dihubungkan dengan saluran udara masuk pada *karburator*. Penambahan lubang yang dihubungkan dengan *karburator* bertujuan untuk mencegah terjadinya hambatan yang berlebihan ketika motor berada pada putaran tinggi, sehingga dapat mengurangi kerugian kerja pada proses pengisapan karena hambatan tersebut. Tujuan lain dari penempatan salah satu saluran tabung pada saluran masuk *karburator* adalah agar ketika terjadi kelebihan suplai campuran bahan bakar dan udara pada tabung induksi tersebut, suplai campuran bahan bakar dan udara tersebut tidak terbuang ke udara bebas, namun kembali terhisap masuk melalui *karburator*. Dengan volume yang sama dengan tabung induksi 1 saluran, maka tabung induksi inipun akan bekerja pada putaran (rpm) menengah.

Akselerasi sepeda motor Honda Astrea Supra Fit tipe NF 100 dirasakan kurang, terlebih pada saat putaran rendah (1000 – 3000 rpm), untuk mengatasi hal ini, diperlukan tabung induksi dengan kapasitas lebih besar dari tabung induksi pada sepeda motor 4 langkah yang biasanya beredar di pasaran, sehingga dapat bekerja pada putaran mesin di bawah 3000 rpm. Tabung induksi milik sepeda motor Yamaha RX-King memiliki volume 325 cc, sehingga mampu bekerja optimal pada putaran mesin 2700 rpm (dengan panjang selang 15 cm dan diameter selang 8 mm). Karena berbahan plastik, maka tahanan tabung induksi YEIS milik sepeda motor Yamaha RX-King lebih kecil bila dibandingkan dengan tabung induksi lain yang terbuat dari bahan aluminium. Hal ini akan mengurangi kerugian kerja mesin pada putaran tinggi. Selain itu, dengan luas yang besar, dapat mengurangi gaya tarik yang

disebabkan oleh kevakuman pada silinder disetiap bagian tabung induksi yang dapat mengakibatkan kebocoran pada tabung induksi tersebut. Dengan demikian tabung induksi YEIS tidak akan terlalu berpengaruh pada saat mesin berada pada putaran tinggi.

H. SISTEM BAHAN BAKAR KARBURATOR

Secara umum sistem bahan bakar bensin berfungsi untuk mencampur bahan bakar (bensin) yang ditampung dalam tangki dengan udara serta mensuplai campuran tersebut ke dalam ruang bakar mesin dalam bentuk kabut. Sistem bahan bakar konvensional (karburator) maupun sistem *Electronic Fuel Injection (EFI)* bertujuan untuk membuat campuran bensin dan udara agar bisa terbakar dalam ruang silinder motor. Pada motor bensin yang memakai karburator, percampuran bensin dan udara masih bersifat alami yaitu bensin dapat bercampur dengan udara karena dihisap motor. Kesulitan yang terjadi adalah karena berat jenis bensin tidak sama dengan udara, maka perbandingan campuran yang ideal akan sulit tercapai.

1. Tangki Bahan Bakar

Tangki bahan bakar umumnya dibuat dari lembaran baja yang tipis dan saat ini sudah ada tangki bensin terbuat dari plastik keras (tidak mudah berkarat), pada umumnya/kebanyakan tangki bensin ditempatkan di belakang kendaraan (lebih aman untuk mencegah bocornya bensin bila terjadi benturan/tabrakan). Bila tangki bensin terbuat dari baja maka bagian dalam tangki diberi lapisan pencegah karat.

Tangki bensin juga dilengkapi dengan penyekat (separator) untuk mencegah olakan bensin dalam tangki saat kendaraan berjalan sehingga mencegah perubahan permukaan bahan bakar saat kendaraan bergerak. Lubang/pipa saluran isap bensin ke pompa/saluran utama diletakkan 2-3 cm dari dasar tangki untuk mencegah endapan dan air dalam bensin ikut terisap ke dalam saluran menuju ke pompa bensin dan karburator.

Bila tangki bensin tidak diisi penuh, uap dalam tangki akan mengembun pada dinding-dinding tangki. Oleh karena air lebih berat dari pada bensin, maka air tersebut langsung turun ke bagian bawah tangki. Bila air terbentuk banyak, ini akan menimbulkan kesukaran pada mesin untuk hidup. Bila pengembunan pada tangki sedikit, akan mengakibatkan karat dan karat ini akan menyumbat saringan dan karburator, sehingga menimbulkan kesukaran pada mesin. Keselamatan kerja pada perawatan dan perbaikan tangki bensin adalah dilarang mengelas, memotong, dan menyolder bila berdekatan dengan tangki bensin, karena dapat menimbulkan kebakaran.

2. Saringan Bahan Bakar

Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring kotoran atau air yang mungkin terdapat di dalam bensin. Saringan bensin ditempatkan antara tangki dan pompa bahan bakar. Elemen saringan yang terdapat di dalam rumah saringan, yang bisa menurunkan kecepatan aliran bahan bakar, akibatnya air dan partikel kotoran yang lebih berat dari bensin mengendap ke bawah, sedangkan partikel kotoran yang lebih ringan disaring oleh elemen. Saringan bensin tidak dapat diperbaiki, dan harus diganti dalam satu unit.

Jika saringan bensin tersumbat, maka tahanan di dalam saluran bensin menjadi bertambah. Hal ini akan mengurangi jumlah bensin yang menuju ke karburator saat dibutuhkan mesin pada kecepatan tinggi atau pada beban yang besar. Saringan bensin yang tersumbat juga menambah hambatan pada elemen selama mesin bekerja. Bensin tidak akan dapat mengalir dengan lembut, karena sejumlah besar kotoran tertinggal di dalam saringan.

3. Karburator

a. Fungsi Karburator

Fungsi karburator adalah untuk memperoleh campuran bensin dengan udara sesuai dengan kondisi kerja dari mesin. Bahan bakar yang dikirim ke dalam silinder harus dalam kondisi mudah terbakar agar dapat menghasilkan efisiensi tenaga yang maksimum. Bensin sedikit lebih sulit terbakar, bila tidak dirubah dalam bentuk gas. Bensin tidak dapat terbakar dengan sendirinya, harus dicampur dengan udara dalam perbandingan yang tepat. Perbandingan campuran udara dan bahan bakar juga mempengaruhi pemakaian bahan bakar.

b. Prinsip Kerja Karburator

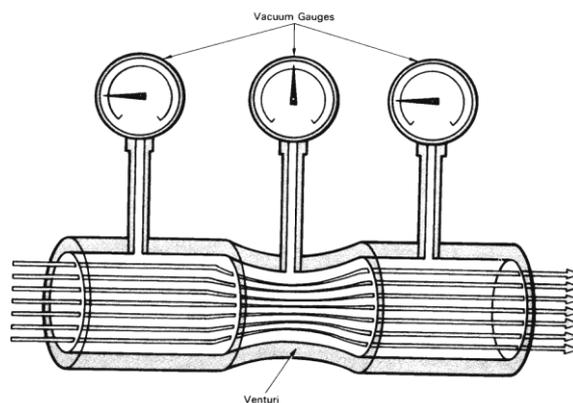
Prinsip kerja karburator sama halnya dengan prinsip kerja *spray gun* pengecatan dan penyemprot cairan obat anti nyamuk. Bila udara ditiupkan dengan kecepatan tinggi pada pipa datar, maka tekanan pada pipa yang tegak lurus akan turun sehingga cairan akan terisap ke atas bahkan bisa bercampur dengan udara (cairan akan terkabutkan). Makin besar kecepatan udara yang mengalir maka tekanan pada pipa yang tegak lurus akan semakin turun dan cairan yang dikabutkan juga

semakin banyak.

c. Konstruksi Dasar Karburator

Gambar 30 menunjukkan bentuk dasar karburator. Bila torak bergerak ke bawah di dalam silinder selama langkah hisap mesin pada mesin, akan menyebabkan kevakuman dalam ruang bakar. Dengan terjadinya vakum ini udara masuk ke ruang bakar melalui karburator. Besarnya udara yang masuk ke silinder diatur oleh katup throttle, yang gerakannya diatur oleh pedal akselerasi.

Bertambah cepatnya aliran udara yang masuk melalui saluran yang sempit (*venturi*), maka tekanan pada venturi menjadi rendah. Hal ini menyebabkan bensin dalam ruang pelampung mengalir ke luar melalui saluran utama (*main nozzle*) ke ruang bakar. Jumlah udara maksimum yang masuk ke karburator terjadi saat mesin berputar pada kecepatan tinggi dengan posisi katup throttle terbuka penuh. Kecepatan udara yang bergerak melalui venturi bertambah dan memperbesar jumlah bensin yang keluar melalui main nozel.



Gambar 30. Venturi pada karburator

d. Sistem kerja karburator

Secara umum terdapat dua atau lebih sistem pada karburator; seperti system *idle* dan *power*, serta yang sudah disesuaikan dengan sifat masing-masing karburator dan jenis mesin. Selain itu karburator juga dilengkapi dengan peralatan pembantu seperti peralatan pengontrol emisi, sehingga karburator menjadi lebih besar dan rumit, diperlukan ketelitian dalam pemeriksaannya.

Sistem dasarnya terdiri dari sebuah sistem pelampung, sistem *choke* dan beberapa sirkuit pengiriman bahan bakar: primer dan sekunder, sirkuit akselerasi dan sirkuit daya (*power*).

Untuk mesin mobil produk terbaru menggunakan karburator dua barel yang terdiri dari beberapa sistem, yaitu;

1. Sistem pelampung
2. Sistem Stationer dan Kecepatan Lambat
3. *Primary High Speed System* (Sistem Utama)
4. *Secondary High Speed System*
5. Power Sistem (Sistem Tenaga)
6. *Acceleration System* (Sistem Percepatan)
7. Sistem Cuk
8. *Fast Idle Mechanisme i) Thermostatic Valve*
9. *PCV (Positive Cranckcase Ventilation)*
10. *Deceleration Fuel Cutt off Sistem*

e. Tipe dan bentuk karburator

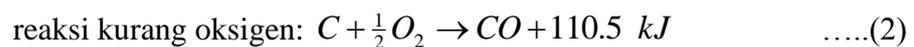
Jenis karburator venturi tetap saat ini banyak digunakan, karena jenis karburatornya cukup sederhana. Dewasa ini terdapat beberapa variasi karburator berdasarkan pabrik pembuatnya, seperti: Cater, Stormberg dan Solex. Stormberg pada umumnya lebih sering digunakan.

Sifat utama dari karburator yaitu menggunakan sebuah venturi dengan diameter tertentu yang di dalamnya juga terdapat *Nozel* utama, besarnya kevakuman tergantung dari udara yang mengalir melalui venturi/perubahannya sesuai dengan besarnya udara yang mengalir. Besar kecilnya kevakuman tergantung dari beban mesin/terbukanya katup gas yang mengatur bertambah atau berkurangnya jumlah bahan bakar yang keluar dari *Nozel* utama. Jenis yang dua barel tidak menggunakan mekanisme yang rumit untuk mengukur jumlah bahan bakar, sehingga dapat mengalirkan bahan bakar dalam jumlah tetap.

I. PROSES PEMBAKARAN

Pembakaran adalah reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (Karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (Oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran. Elemen mampu bakar atau *Combustible* yang utama adalah karbon dan oksigen. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi

elemen komponennya, yaitu hidrogen dan karbon, akan bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Kalau tidak cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon, akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut (Wardono, 2004).



Keadaan yang penting untuk pembakaran yang efisien adalah gerakan yang cukup antara bahan bakar dan udara, artinya distribusi bahan bakar dan bercampurnya dengan udara harus bergantung pada gerakan udara yang disebut pusaran. Energi panas yang dilepaskan sebagai hasil proses pembakaran digunakan untuk menghasilkan daya motor bakar tersebut.

Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen ('O') dengan molekul-molekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon ('C') dan hidrogen ('H') untuk membentuk karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) pada kondisi pembakaran sempurna. Disini proses pembentukan CO₂ dan H₂O hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari pemantik telah mampu memisah/memutuskan ikatan antar partikel oksigen (O-O) menjadi partikel 'O' dan 'O', dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan

bakar (C-H dan/atau C-C) menjadi partikel 'C' dan 'H' yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel 'O' dapat beroksidasi dengan partikel 'C' dan 'H' untuk membentuk CO₂ dan H₂O. Jadi dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

J. PARAMETER PRESTASI MOTOR BENSIN 4 LANGKAH

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan efisiensi thermal, η_{th} . Karena pada motor bakar 4 langkah selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi panas/kalor, maka efisiensi yang dikaji adalah efisiensi thermal. Efisiensi thermal adalah perbandingan energi (kerja/daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Prestasi mesin dapat juga dinyatakan dengan daya output dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang dihasilkan mesin. Daya output engkol menunjukkan daya output yang berguna untuk menggerakkan sesuatu atau beban. Sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik engkol menunjukkan seberapa efisien suatu mesin menggunakan bahan bakar yang disuplai untuk menghasilkan kerja. Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi, besar kecilnya harga parameter operasi akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan (Wardono, 2004).

Untuk mengukur prestasi kendaraan bermotor bensin 4-langkah dalam aplikasinya diperlukan parameter sebagai berikut:

1. Konsumsi bahan bakar, semakin sedikit konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor bensin 4 langkah, maka semakin tinggi prestasinya.
2. Akselerasi, semakin tinggi tingkat akselerasi kendaraan bermotor bensin 4 langkah maka prestasinya semakin meningkat.
3. Waktu tempuh, semakin singkat waktu tempuh yang diperlukan pada kendaraan bermotor bensin 4 langkah untuk mencapai jarak tertentu, maka semakin tinggi prestasinya.
4. Putaran mesin, putaran mesin pada kondisi *idle* dapat menggambarkan normal atau tidaknya kondisi mesin. Perbedaan putaran mesin juga menggambarkan besarnya torsi yang dihasilkan.

Harga dari efisiensi volumetrik berbanding lurus dengan output mesin, sehingga output mesin akan lebih baik jika efisiensi volumetrik dibuat sebesar mungkin. Pada mesin 4 langkah efisiensi volumetrik tidak dapat mencapai 100%. Hal ini disebabkan adanya banyak faktor yang mempengaruhi seperti temperatur dan kecepatan mesin serta perencanaan sistem pengisian bahan bakar terutama pada mekanisme katup (Nugroho, 2005).

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi volumetrik pada motor 4 langkah adalah dengan memberikan *turbo* atau *supercharger*, sehingga volume campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder menjadi bertambah dan efisiensi volumetriknya pun meningkat (Kinganang96, 2007)

Tabung induksi juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi volumetrik, dengan jalan menampung sisa campuran bahan bakar dan udara yang tidak

sepenunya masuk ke ruang silinder ketika terjadi langkah hisap. Ketika langkah hisap yang berikutnya terjadi, maka suplai campuran bahan bakar dan udara dari *karburator* akan mendapatkan tambahan dari tabung induksi, sehingga suplai campuran bahan bakar dan udara ke ruang silinder akan menjadi lebih banyak yang kemudian berdampak pada meningkatnya efisiensi volumetrik.

Parameter-parameter dari prestasi mesin dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut ini :

1. Daya Engkol, bp

Daya engkol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$bp = \frac{2\pi N \cdot T_{AP}}{60000} \dots kW \dots \dots \dots (3)$$

$$T_{AP} = 1,001 \text{ TRD}$$

$$T_{AP} = F.R = m.g.0,25 = 0,25 \text{ m.g} \dots \dots \text{ Nm}$$

2. Laju Pemakaian Udara, m_a

Laju pemakaian udara teoritis, $m_{a,th}$, pada tekanan 1,013bar dan temperatur $20^{\circ}C$ ditentukan seperti dibawah ini :

$$m_{a,th} = 1,0135 \text{ Man} + 1,211 \dots \dots \text{ kg/jam} \dots \dots \dots (4)$$

Untuk kondisi tekanan dan temperatur yang berbeda, kalikan $m_{a,th}$ tersebut dengan factor koreksi fc , berikut :

$$fc = 3,56422 \times 10^{-5} Pa(Ta + 114)/(Ta)^{2,5} \dots \dots \dots (5)$$

Maka, laju pemakaian bahan bakar aktual, m_{act} :

$$m_{act} = fc \cdot m_{a, th} \quad \dots \quad \text{kg/jam} \quad \dots \dots \dots (6)$$

3. Laju Pemakaian Bahan Bakar, m_f

Laju pemakaian 8 ml bahan bakar, m_f dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_f = \text{sgf} \times 8 \cdot 10^{-3} / t \quad \dots \dots \text{kg/sec} \gg \text{dijadikan kg/jam} \quad (7)$$

t = waktu pemakaian 8ml bahan bakar, detik

4. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Engkol, $bsfc$

$bsfc$ dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$bsfc = \frac{m_{act}}{bp} \quad \dots \dots \quad \text{kg/kWh} \quad \dots \dots \dots (8)$$

5. Perbandingan Udara-Bahan Bakar, A/F

Perbandingan udara-bahan bakar dapat dihitung dari persamaan berikut:

$$\left(\frac{A}{F}\right) = \frac{m_{act}}{m_f} \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$(A/F)_{th} = 14,5 \quad \text{untuk motor diesel}$$

$$(A/F)_{th} = 15 \quad \text{untuk motor bensin}$$

6. Efisiensi Thermal Engkol, η_{bth}

Efisiensi thermal engkol dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\eta_{bth} = \frac{3600bp}{[m_f \cdot CV]} \quad \dots \dots \dots (10)$$

Untuk bahan bakar Solar, $CV = 42.000 \text{ kJ/kg}$

Untuk bahan bakar Bensin, $CV = 41.000 \text{ kJ/kg}$

K. GAS BUANG MESIN BENSIN

Istilah gas buang dan gas bekas sering dipahami masyarakat secara berbaur. Gas bekas umumnya terdiri dari gas tidak beracun seperti N_2 (nitrogen), CO_2 (gas karbon), dan H_2O (uap air) dan sebagian kecil gas beracun seperti gas CO , HC dan NO_x (oksida nitrogen). Namun, yang sekarang sangat populer dalam gas bekas dan gas buang adalah gas beracun yang dikeluarkan dari kendaraan.

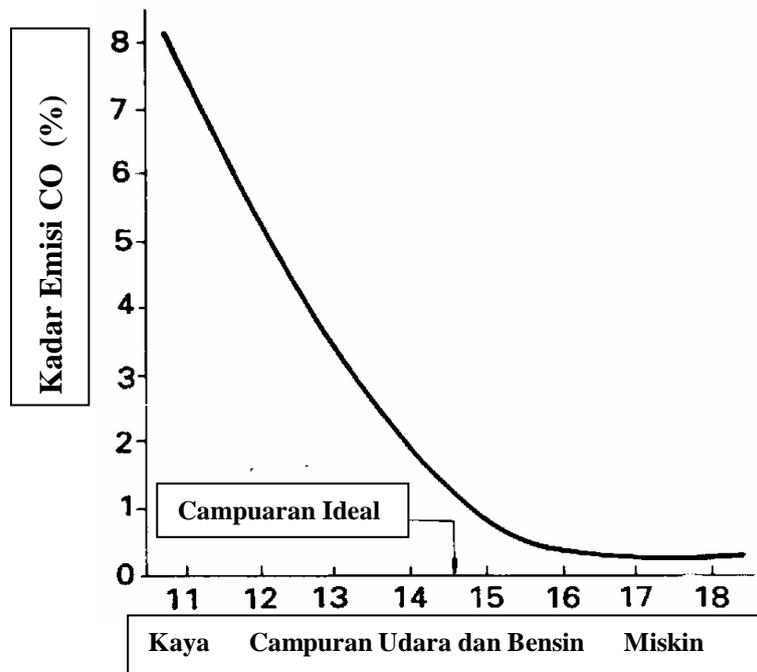
Akhir-akhir ini gas buang dari mobil dan motor sangat menarik perhatian karena dapat mengotori udara dan membahayakan kesehatan. Dalam penelitian ini tidak dibahas tentang dampak medisnya, tetapi yang akan dibahas adalah bagian-bagian dari gas buang, yaitu :

1. Karbonmonoksida (CO)

Gas CO merupakan hasil gabungan karbon dan oksigen, di mana gabungan tersebut tidak mencukupi untuk membentuk karbon dioksida (CO_2). CO dihasilkan manakala terjadi pembakaran tidak sempurna yang diakibatkan oleh kurangnya oksigen pada proses pembakaran dalam mesin (campuran bensin dan udara kaya).

Karbon monoksida, rumus kimia CO , adalah gas yang tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa. Karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran tak sempurna dari senyawa karbon, sering terjadi pada mesin pembakaran dalam. Karbon monoksida terbentuk apabila terdapat kekurangan oksigen dalam proses pembakaran.

Banyaknya CO dari gas buang itu tergantung dari perbandingan bahan bakar dan udara. Hanya pada pembakaran yang sempurna dari bahan bakar maka nilai CO-nya dapat nihil (Arends dan Berenschot, 1980).



Gambar 31. Hubungan emisi CO dan Afr

Pada umumnya, emisi CO yang berlebihan diakibatkan oleh sebelas hal, sebagai berikut:

- 1) Putaran idle terlalu rendah;
- 2) Sistem choke rusak/menutup terus;
- 3) Air jet pada karburator tersumbat;
- 4) Filter udara kotor
- 5) Penyetelan campuran terlalu kaya;
- 6) Kerusakan pada karburator, misalnya posisi pelampung terlalu tinggi;
- 7) Penyetelan katup tidak tepat;

- 8) Tekanan bahan bakar terlalu tinggi (pada mesin EFI);
- 9) Injektor tidak biasa menutup dengan sempurna;
- 10) Sensor untuk aliran udara, posisi throttle dan suhu rusak (pada mesin EFI);
- 11) Prosesor pengolah data di ECU rusak.

Akibat yang merugikan yang akan timbul pada mesin apabila CO berlebihan adalah pembentukan deposit karbon yang berlebihan pada katup, ruang bakar, kepala piston dan busi. Deposit yang ditimbulkan tersebut secara alami mengakibatkan fenomena *self-ignition (dieseling)* dan mempercepat kerusakan mesin. Emisi CO berlebihan banyak disebabkan oleh faktor kesalahan dari pencampuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam mesin, sebagaimana diperlihatkan grafik pada gambar 31.

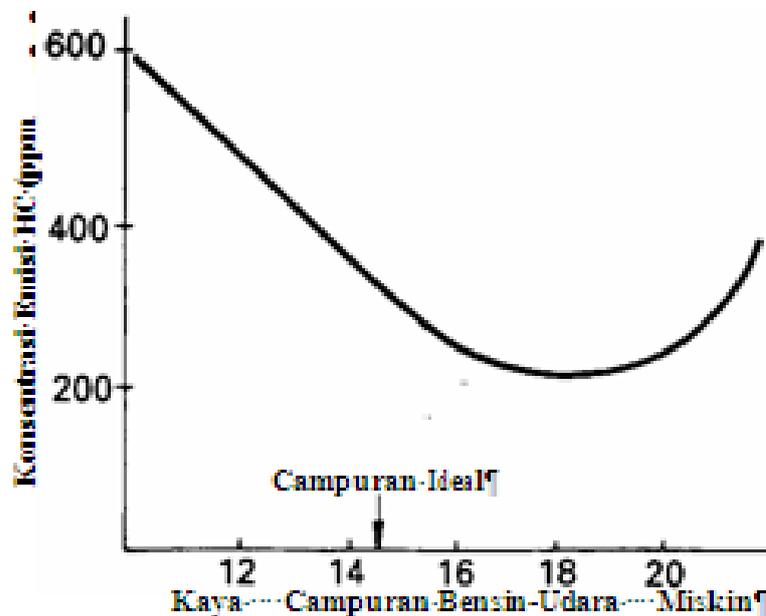
Kalau suhu pembakarannya rendah dan lambat serta bagian dari dinding ruang pembakarannya yang dingin agak besar, secara alamiah motor memancarkan banyak CO, saat baru saja dihidupkan atau berputar bebas waktu pemanasan (Soenarta dan Furuham, 1995).

2. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon adalah bahan bakar mentah yang tidak terbakar selama proses pembakaran di dalam ruang bakar. Gas ini berasal dari (1) bahan bakar mentah yang tersisa dekat dengan dinding silinder setelah terjadinya pembakaran dan dikeluarkan saat langkah buang, dan (2) gas yang tidak terbakar dalam ruang bakar setelah terjadi gagal pengapian

(*misfiring*), pada saat mesin diakselerasi ataupun deselerasi.

Akibat yang timbul akibat emisi HC adalah beraroma bensin dan terasa perih di mata serta menyebabkan gangguan iritasi mata, hidung, paru-paru dan saluran pernapasan. Selain mengganggu kesehatan, emisi HC yang berlebihan juga menyebabkan fenomena *photochemical smog*/kabut. Karena HC merupakan sebagian bensin yang tidak terbakar, makin tinggi emisi HC berarti tenaga mesin makin berkurang dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat. Penurunan emisi HC bisa dilakukan dengan cara, sebagai berikut (1) bentuk ruang bakar yang sempurna sehingga pembakaran lebih baik, (2) pengapian yang bagus dan tepat waktu, (3) penempatan katalisator pada saluran gas buang.



Gambar 32. Hubungan emisi HC dengan Afr

Hidrokarbon tidak begitu merugikan manusia, tetapi merupakan salah satu penyebab kabut campuran asap. Di Los Angeles (USA), beberapa kota di Jepang mempunyai pengalaman mengenai kabut campuran asap (*smog*). Semakin kecil kadar HC pembakaran itu akan semakin sempurna, ini menunjukkan makin sedikitnya bahan bakar yang terbuang (Soenarta dan Furuhama, 1995).

3. Karbondioksida (CO₂)

Gas CO₂ sangat berguna bagi tumbuhan pada proses asimilasi, dimana substansi CO₂ berubah menjadi O₂ setelah proses asimilasi. Namun, CO₂ juga bersifat menyerap panas sehingga apabila berlebihan akan meningkatkan suhu yang ada di permukaan bumi.

Semakin tinggi substansi CO₂ dalam gas buang mengindikasikan bahwa semakin baik pembakaran dalam mesin. Sebaliknya, semakin rendah kadar CO₂ dalam gas buang menandakan bahwa efisiensi pembakaran tidak bagus dan berarti kinerja mesin tidak bagus. Akibat lainnya, gas buang CO dan HC berlebihan dan konsumsi bahan bakar meningkat. Substansi CO₂ diukur dalam satuan % volume.

Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO₂ berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO₂ akan turun secara drastis. Apabila CO₂ berada dibawah 12%, maka kita harus melihat emisi lainnya

yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO₂ ini hanya ruang bakar. Apabila CO₂ terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran *exhaust pipe*. Semakin tinggi kadar CO₂ semakin sempurna pembakarannya dan semakin bagus akselerasinya (Triatmaja, 2011).