

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Adi (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *camshaft* terhadap kinerja motor bakar empat langkah 125 cc penyalan bunga api. Adapun hasil dari penelitian ini, daya maksimal yang paling besar di peroleh adalah sebesar 7,23 kW pada putaran mesin 8.500 RPM, yaitu pada modifikasi dengan pemakaian *camshaft* modifikasi dengan pemotongan 0,50 mm, knalpot *racing*, dan karburator dengan diameter lubang *ventury* 26 mm. Torsi maksimal yang diperoleh adalah sebesar 9.31 Nm pada putaran mesin 6.750 RPM, yaitu pada modifikasi dengan pemakaian *camshaft* modifikasi dengan pemotongan 0,50 mm, knalpot *racing*, dan karburator dengan diameter *ventury* 26 mm. Pada modifikasi dengan menggunakan knalpot *racing* pada 7.000 sampai 10.000 RPM ternyata lebih irit mengkonsumsi bahan bakar, itu dikarenakan daya yang diperoleh sebanding dengan bahan bakar yang dikonsumsi.

Stevansa (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *camshaft* standar dan *camshaft* racing terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *camshaft* racing menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik, yaitu daya dan torsi yang lebih besar serta lebih irit dalam mengkonsumsi bahan bakar, daripada *camshaft* standar. Pada *camshaft* racing menghasilkan daya maksimal sebesar 14,77 kW pada putaran mesin 9.000 rpm dan torsi maksimal sebesar 19,05 Nm pada putaran 7.500 rpm dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,0830534 kg/kWh, sedangkan pada *camshaft* standar hanya mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 14,11 kW pada putaran mesin 8.000 rpm dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,126552 kg/kWh dan torsi maksimal sebesar 18,72 Nm pada putaran 6.500 rpm dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,090752 kg/kWh.

Sukijo (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh durasi *camshaft* terhadap konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, torsi dan daya pada mesin bensin. Adapun hasil penelitian pada durasi katup sampai 290⁰ diperoleh hasil sebagai berikut, konsumsi bahan bakar lebih banyak 3,32 mililiter/Hp jam pada sudut 210⁰ menjadi 5,48 mililiter/Hp jam pada sudut 290⁰. Konsentrasi CO₂ dan HC menurun pada putaran 7.000 RPM sampai putaran 10.000 RPM. Konsentrasi CO₂ meningkat seiring kenaikan putaran mesin dan durasi *camshaft*, hal ini menandakan bahwa poros pembakaran semakin baik. Daya mesin dan torsi meningkat. Daya mesin terbesar 7,3 HP pada putaran 10.000 RPM dengan durasi *camshaft* 290⁰.

Setiyo (2014) melakukan penelitian tentang analisa penggunaan koil racing terhadap daya pada sepeda motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya terendah yang dihasilkan koil standar adalah 6,70 Hp pada putaran mesin 3.500 rpm dan daya tertinggi yang dihasilkan adalah 11,17 Hp pada putaran mesin 5.500 rpm. Sedangkan daya terendah yang dihasilkan koil racing adalah 7,28 Hp pada putaran mesin 3.500 rpm dan daya tertinggi yang dihasilkan adalah 12,35 Hp pada putaran mesin 5.500 rpm.

Garnida (2012) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan knalpot racing terhadap kinerja motor bensin dua langkah silinder tunggal. Hasil pengujian yang diperoleh, torsi puncak pada mesin modifikasi (karburator dan CDI racing) knalpot racing pada putaran mesin 1.024 sampai 7.072 rpm. Pada putaran berikutnya sampai putaran 9.081 rpm torsinya mengalami penurunan. Daya maksimum pada mesin modifikasi (karburator dan CDI racing) knalpot racing pada putaran 1.024 sampai 9.081 rpm. Untuk konsumsi bahan bakar (*mf*) dan SFC pada mesin modifikasi dengan pemakaian knalpot racing lebih boros karena penggantian komponen karburator dan CDI racing.

2.2. Dasar Teori *Camshaft*, *Ignition Coil* dan *Muffler*

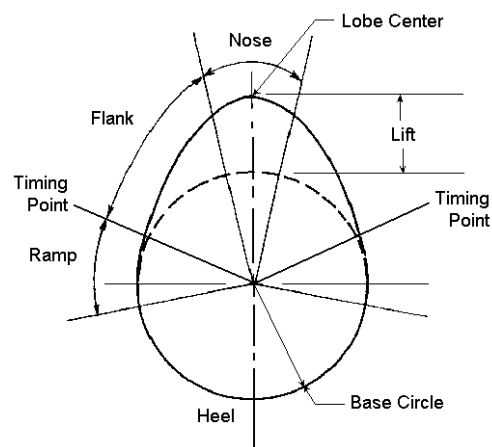
2.2.1. *Camshaft*

Camshaft (poros nok, poros bubungan atau *noken-as*) adalah salah satu bagian *part* atau alat pada mesin 4 langkah yang berbentuk poros. *Camshaft* berfungsi mengatur buka tutup katup, yaitu mengatur campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder untuk melakukan pembakaran di dalam ruang bakar mesin dan kemudian menentukan kapan waktunya untuk membuang gas sisa pembakaran dari dalam silinder tersebut keluar melalui *exhaust port* dan *exhaust muffler*. Cara kerja dari *camshaft* adalah saat mesin di-*start*, *crankshaft* akan berputar pada porosnya dan menggerakkan piston bergerak maju mundur, pada saat bersamaan *crankshaft* memutar *camshaft* dengan beberapa mekanisme sehingga *camshaft* berputar setengah kali putaran *crankshaft*. Saat *camshaft* berputar, akan menekan perangkat katup sehingga katup masuk dan katup buang akan bergerak naik turun padaudukannya, dengan demikian campuran udara-bahan bakar akan masuk ke dalam silinder saat katup masuk terbuka kemudian campuran udara-bahan bakar dibakar di dalam ruang bakar dan hasil gas sisa pembakaran akan keluar saat katup buang terbuka, dengan demikian jumlah bahan bakar yang masuk maupun jumlah gas sisa pembakaran yang keluar dari kepala silinder sangat tergantung pada saat buka tutup katup yang diatur oleh *camshaft*. Berikut gambar 2.1 adalah *camshaft Astrea Honda Legenda 100 cc*.



Gambar 2.1. *Camshaft Astrea Honda Legenda 100 cc*

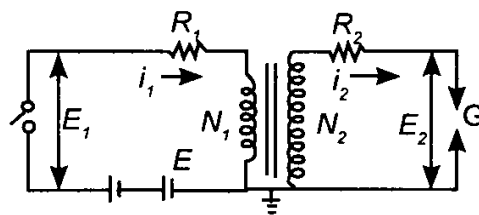
Camshaft sangat berpengaruh pada efisiensi volumetris mesin. Efisiensi volumetris adalah perbandingan antara volume udara yang masuk kedalam silinder dengan volume silinder. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi volumetris mesin yaitu dengan memodifikasi *camshaft*. Hampir disemua bagian *camshaft* yang menekan perangkat untuk membuka *valve* dimodifikasi. Tujuan dari modifikasi ini adalah untuk mendapatkan *lift*, LSA (*Lobe Separation Angle*) dan durasi buka tutup katup yang lebih lama sesuai dengan karakter mesin yang diperlukan. Durasi adalah lama waktu bukaan katup yang diukur dalam derajat putaran *crankshaft*, yaitu diukur pada saat katup terangkat 1 mm hingga *lift* maksimal kemudian mulai menutup kembali sampai 1 mm katup akan tertutup. *Lift* adalah jarak pada saat katup tertutup rapat sampai katup terbuka maksimal, bisa diartikan juga bahwa *lift* adalah tinggi angkatan bukaan katup. Pada saat katup berada pada posisi terbuka maksimal, *camshaft* berada diposisi *nose* atau *lobe*. Jarak pemisah antar kedua *lobe* dinamakan *Lobe Separation*, karena diukur dalam derajat maka disebut *Lobe Separation Angle*. *Lobe Separation* diukur antara puncak *intake lobe* dengan puncak *exhaust lobe*. Jika durasi tetap, memperbesar LSA sama dengan memperkecil *overlap*, sebaliknya menyempitkan LSA memperbesar *overlap*. *Overlap* adalah terbukanya *intake valve* dan *exhaust valve* dalam waktu bersamaan yang berfungsi sebagai ruang bilas diruang bakar yang terjadi pada akhir langkah buang (Swega, 2013).



Gambar 2.2. Bagian-bagian *Camshaft*
(Sumber : <https://ratmotorsport.wordpress.com>, 2013)

2.2.2. Ignition Coil (Koil Pengapian)

Menurut (Daryanto, 2011 : 95) *Ignition Coil* adalah *boosting transformer* yang menghasilkan arus untuk tegangan tinggi (sekitar 15.000 – 25.000 V) digunakan untuk membuat loncatan bunga api pada *ignition plug* atau biasa disebut “busi”. Koil merupakan perangkat dari pengapian mesin bensin. Koil berfungsi menaikkan tegangan arus listrik dari CDI dan menghubungkannya dengan busi sehingga busi dapat menghasilkan percikan bunga api dengan baik.



Gambar 2.3. Skema *Ignition Coil*
(Sumber : Daryanto, 2011)

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} E_1 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

E : Tegangan Baterai (V)

E_1 : Tegangan Primer (V)

E_2 : Tegangan Sekunder (V)

N_1 : Jumlah Lilitan Primer

N_2 : Jumlah Lilitan Sekunder

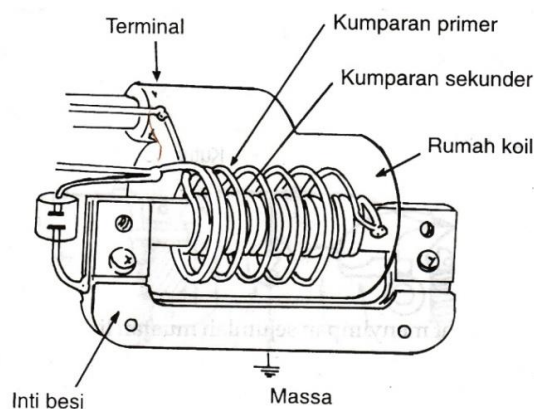
1. Prinsip Kerja *Ignition Coil*

Ignition coil menggunakan efek induksi magnet. Dalam hal ini dua koil digulung disekitar *core*, bagian inputnya disebut dengan *first coil* (Lilitan primer), sedang bagian output disebut dengan *second coil* (Lilitan sekunder). Pada saat CDI mendapat sinyal dari pulser maka CDI akan mengirim arus listrik ke lilitan primer

(E_1) sehingga terjadilah induksi magnet pada *ignition coil* dan kemudian induksi magnet ini dimanfaatkan untuk menghasilkan tegangan listrik pada lilitan sekunder (E_2) dan kemudian di hubungkan ke busi.

2. Struktur *Ignition Coil*

Ignition coil membuat garis-garis magnet (*magnetic flux*) melalui inti jenis *mold* mencegah adanya *magnetic flux* yang dihasilkan oleh efek induksi magnet yang sedang dipancarkan. Dengan mempertebal diameter kawat pada koil primer, tahanannya dapat dikurangi sehingga bisa menghasilkan garis-garis magnet yang lebih besar yang dapat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Strukturnya sederhana dan daya tahan terhadap panas sangat baik.



Gambar 2.4. Struktur *Ignition Coil Tipe Mold*
(Sumber : Daryanto, 2011)

2.2.3. *Muffler* (Knalpot)

Saluran gas buang atau biasa disebut knalpot adalah alat atau *part* penyalur gas buang dan mengatur arah aliran gas-gas dari hasil pembakaran di dalam mesin. Fungsi utama dari knalpot adalah meredam hasil ledakan di ruang bakar. Ledakan pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara berlangsung begitu cepat di ruang bakar. Ledakan ini menimbulkan suara yang sangat bising. Untuk meredam suara tersebut gas sisa hasil pembakaran yang keluar dari *exhaust valve* tidak langsung dilepas ke udara terbuka, gas buang disalurkan terlebih dahulu ke dalam peredam suara atau *muffler* di dalam knalpot. Berdasarkan riset-riset penemuan knalpot juga dapat difungsikan sebagai penambah tenaga atau performa mesin,

sehingga setiap motor dirancang dengan knalpot yang sesuai dengan kapasitas mesin. Apabila desain tidak tepat maka akan terjadi penurunan tenaga yang dihasilkan mesin. Knalpot dapat meningkatkan performa mesin sekitar 10 % sampai 30 % (Lusero, 2012).



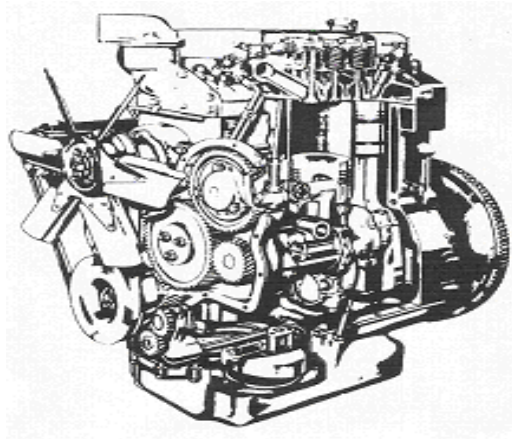
Gambar 2.5. Knalpot *Astrea Honda Legend* 100 cc

2.3. Motor Bakar

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang memanfaatkan pembakaran dalam, pengertian lebih lengkapnya akan dijelaskan sebagai berikut dibawah ini:

2.3.1. Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah jenis mesin kalor, yaitu motor yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Motor bakar termasuk Mesin Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*). *Internal Combustion Engine (I.C. Engine)* adalah mesin kalor yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi kerja mekanis, yaitu dalam bentuk putaran poros. Energi kimia bahan bakar pertama diubah menjadi energi panas melalui proses pembakaran atau oksidasi dengan udara dalam mesin. Energi panas ini meningkatkan temperatur dan tekanan gas pada ruang bakar. Gas bertekanan tinggi ini kemudian berekspansi melawan mekanisme mekanik mesin. Ekspansi ini diubah oleh mekanisme *link* menjadi putaran *crankshaft*, yang merupakan *output* dari mesin tersebut. *Crankshaft* selanjutnya dihubungkan ke sistem transmisi oleh sebuah poros untuk mentransmisikan daya atau energi putaran mekanis yang selanjutnya energi ini dimanfaatkan sesuai dengan keperluan. (Arismunandar, 2005 : 1).



Gambar 2.6. Motor Bakar Torak
(Sumber : Arismunandar, 2005)

2.3.2. Klasifikasi Motor Bakar

Mesin kalor dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu :

1. **Motor pembakaran luar atau *External Combustion Engine* (ECE).**

Motor pembakaran luar atau *External Combustion Engine* (ECE) adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi di luar mesin itu sehingga untuk melakukan pembakaran digunakan mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak tetapi terlebih dulu melalui media penghantar baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik. Misalnya : pada ketel uap dan turbin uap.

2. **Motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE).**

Motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE) adalah proses pembakarannya berlangsung didalam motor bakar itu sendiri sehingga panas dari hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja dan langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik. Misalnya : pada turbin gas dan motor bakar torak.

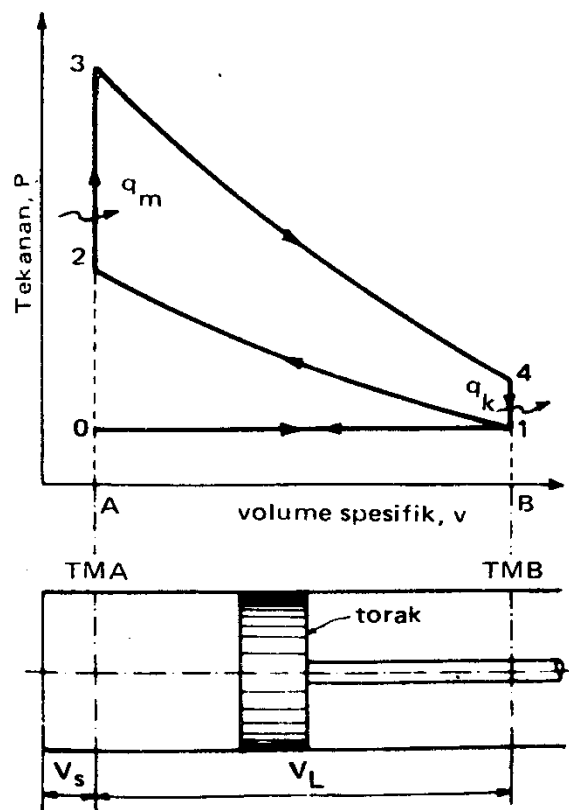
Hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan motor yang akan digunakan adalah :

1. Motor pembakaran luar yaitu :
 - a. Dapat memakai semua bentuk bahan bakar.
 - b. Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
 - c. Cocok untuk melayani beban-beban besar dalam satu poros.
 - d. Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.
2. Motor pembakaran dalam yaitu :
 - a. Pemakaian bahan bakar irit.
 - b. Berat tiap satuan tenaga mekanis lebih kecil.
 - c. Konstruksi lebih sederhana karena tidak memerlukan ketel uap kondensor dan sebagainya.

Motor pembakaran dalam khususnya motor bakar di bagi menjadi dua jenis utama yaitu Motor Bensin (*Otto*) dan Motor Diesel. Perbedaan kedua motor tersebut yaitu jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin (premium) sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama juga terletak dalam sistem penyalaan, pada motor bensin dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik yang dipercikan oleh busi atau juga sering disebut juga *Spark Ignition Engine*. Sedangkan pada motor diesel penyalaan terjadi karena kompresi yang tinggi di dalam silinder kemudian bahan bakar disemprotkan oleh *nozzle* atau juga sering disebut juga *Compression Ignition Engine*. Pada mesin diesel, hanya udara yang dikompresikan dalam ruang bakar dan dengan sendirinya udara tersebut terpanaskan, bahan bakar disuntikan ke dalam ruang bakar di akhir langkah kompresi untuk bercampur dengan udara yang sangat panas, pada saat kombinasi antara jumlah udara, jumlah bahan bakar, dan temperatur dalam kondisi tepat maka campuran udara dan bakar tersebut akan terbakar dengan sendirinya (Arismunandar, 2005 : 5).

2.3.3. Siklus Termodinamika

Siklus udara volume konstan (siklus *otto*) dapat digambarkan dengan grafik P dan V seperti terlihat pada (Gbr 2.7).



Gambar 2.7. Diagram P vs V Siklus Volume Konstan
(Sumber : Arismunandar, 2005)

Dengan

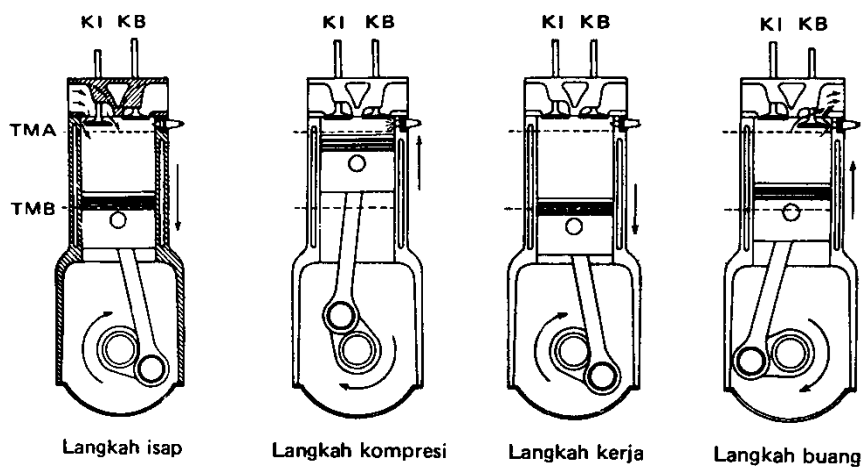
- P : Tekanan fluida kerja (kg/cm^2).
- V : Volume spesifik (m^3/kg).
- q_m : Jumlah kalor yang dimasukkan (kcal/kg).
- q_k : Jumlah kalor yang dikeluarkan (kcal/kg).
- V_L : Volume langkah torak (m^3 atau cm^3).
- V_S : Volume sisa (m^3 atau cm^3).
- TMA : Titik mati atas.
- TMB : Titik mati bawah.

Penjelasan :

- a. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
- b. Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan-konstan.
- c. Langkah (1-2) ialah proses isotropik.
- d. Proses pembakaran volum konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor volume konstan.
- e. Langkah (3-4) ialah proses isotropik.
- f. Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran volume konstan.
- g. Langkah buang (1-0) ialah proses tekanan kosntan.
- h. Siklus dianggap “tertutup”, artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama atau gas yang berada di dalam silinder pada titik 1 dapat dikeluarkan dari dalam silinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah isap berikutnya akan masuk sejumlah fluida yang sama.

2.3.4. Motor Bensin Empat-Langkah

Motor bensin empat-langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan empat langkah torak dan dua kali putaran poros engkol. Berikut ini adalah gambar skema gerakan torak empat-langkah:



Gambar 2.8. Skema Gerakan Piston 4-langkah
(Sumber : Arismunandar, 2005)

1. Langkah Hisap (*Intake stroke*)

Pada langkah ini piston bergerak dari TMA ke TMB sehingga tekanan didalam silinder lebih rendah dari tekanan atmosfer, pada saat itu katup masuk terbuka dan katup buang tertutup sehingga bahan bakar yang telah bercampur dengan udara akan terhisap masuk kedalam silinder.

2. Langkah Kompresi (*Compression stroke*)

Setelah mencapai TMB, torak kembali ke TMA, sementara katup isap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Campuran bahan bakar-udara yang terhisap tadi terkurung di dalam silinder dan dimampatkan oleh torak yang bergerak ke TMA. Volume campuran bahan bakar-udara itu menjadi kecil dan karena itu temperatur dan tekanannya naik hingga campuran itu mudah sekali terbakar. Beberapa saat sebelum piston mencapai TMA terjadi proses penyalaan campuran bahan bakar-udara oleh busi (*spark plug*).

3. Langkah Usaha (*Expansion stroke*)

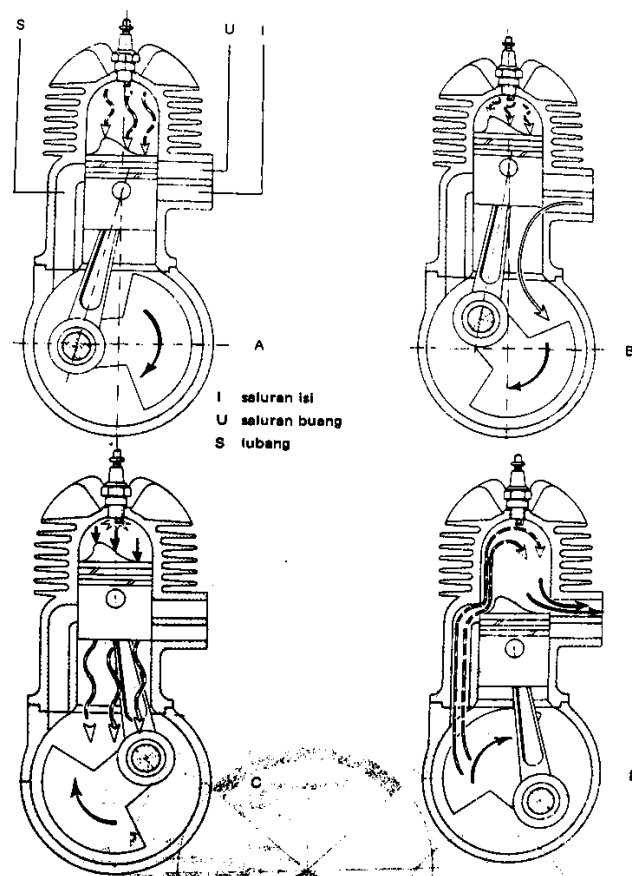
Pada saat torak hampir mencapai TMA campuran bahan bakar-udara dinyalakan oleh busi dan terjadilah proses pembakaran sehingga tekanan dan temperturnya naik. Pada proses pembakaran ini terjadi perubahan energi dari energi kimia menjadi energi panas dan gerak. Gas hasil pembakaran mampu mendorong torak untuk bergerak kembali dari TMA ke TMB. Gerakan torak ini akan mengakibatkan berputarnya poros engkol sehingga menghasilkan tenaga. Sementara itu katup isap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup.

4. Langkah Buang (*Exhaust stroke*)

Apabila torak telah mencapai TMB, katup buang terbuka sedangkan katup isap tetap tertutup. Torak kembali ke TMA mendesak gas pembakaran keluar dari dalam silinder melalui saluran buang (*exhaust manifold*).

2.3.5. Motor Bensin Dua-Langkah

Motor bensin dua-langkah adalah mesin yang proses pembakarannya lebih sederhana dari motor bensin empat-langkah yaitu dilakukan pada satu kali putaran poros engkol yang berakibat dua kali langkah piston. Berikut gambar 2.9 skema gerakan torak motor bensin dua-langkah :



Gambar 2.9. Skema Gerakan Piston 2-langkah
(Sumber : Arends; Berenschot, 1980)

1. Langkah hisap dan kompresi

Piston bergerak dari TMB ke TMA sehingga ruang *crankcase* menjadi vakum/hampa udara, akibatnya udara dan campuran bahan bakar terhisap masuk ke dalam ruang *crankcase*. Sementara dibagian ruang bakar terjadi langkah kompresi, sehingga suhu dan tekanan campuran udara dan bahan bakar menjadi naik. Beberapa derajat sebelu TMA, busi memercikan

bunga api, sehingga campuran udara dan bahan bakar yang telah naik temperatur dan tekanannya menjadi terbakar dan meledak, hasil dari ledakan inilah yang akan dimanfaatkan untuk mendorong piston dari TMA ke TMB dan kemudian memutar *crankshaft*.

2. Langkah usaha dan buang

Langkah usaha terjadi pada saat setelah terjadi ledakan diruang bakar sehingga piston terdorong bergerak dari TMA ke TMB. Langkah buang terjadi setelah langkah usaha yaitu pada saat piston akan menuju TMB. Sisa hasil pembakaran tadi akan terdorong ke luar dan keluar menuju saluran buang, kemudian menuju knalpot. Pada saat ini juga terjadi langkah bilas yaitu campuran udara dan bahan bakar yang berada di ruang *crankcase* menjadi terdesak keluar dan masuk ke ruang bakar melalui saluran bilas. Langkah kerja ini terjadi berulang-ulang selama mesin hidup.

2.4. Konsumsi Bahan Bakar

Besar pemakaian konsumsi bahan bakar ditentukan dalam kg/jam.

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

m_f : Penggunaan bahan bakar per jam pada kondisi tertentu (kg/jam)

b : Volume gelas ukur (cc)

t : Waktu (detik)

ρ_{bb} : Berat jenis bahan bakar (kg /liter)