

BAB II

LANDASAN TEORI

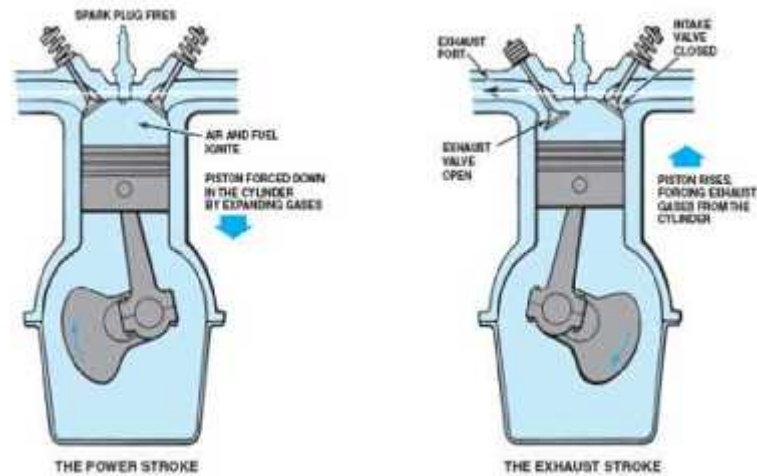
2.1 Motor Bakar

Motor bakar torak merupakan salah satu mesin pembangkit tenaga yang mengubah energi panas (*energine termal*) menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar sehingga menghasilkan energi mekanik berupa gerakan translasi piston (*connecting rods*) menjadi gerak rotasi poros engkol yang untuk selanjutnya diteruskan ke sistem transmisi roda gigi kemudian diteruskan ke roda penggerak sehingga kendaraan dapat berjalan. (Arismunandar, Wiranto, 1988)

Menurut siklus kerja ideal, motor bakar torak terbagi menjadi tiga yakni motor bensin (*otto*) atau yang lebih umum *spark ignition engines*(*SIE*), motor diesel atau yang lebih umum *compression ignition engine* (*CIE*), dan siklus gabungan. Sedangkan menurut langkah yang ditempuh dalam menghasilkan tenaga, maka motor bakar torak terbagi menjadi motor bakar dua langkah (*two strokesengines*) dan motor bakar empat langkah (*four strokesengines*). (Arismunandar, Wiranto, 1988).

2.2 Motor Bakar 4 Langkah

Mesin/motor 4 tak disebut juga mesin 4 langkah (*four stroke engine*). Pada mesin ini satu siklus terdapat 4 kali langkah piston, 2 ke atas dan 2 ke bawah. Sehingga dalam satu siklusnya tercapai dalam 2 putaran poros engkol. (Sutoyo, 2011)

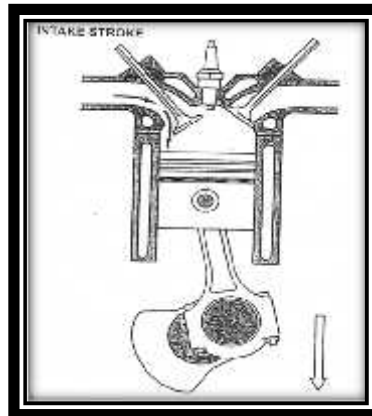


Gambar 2.1 Proses kerja piston (*Sutoyo, 2011*)

2.3 Siklus Kerja Motor 4 Langkah.

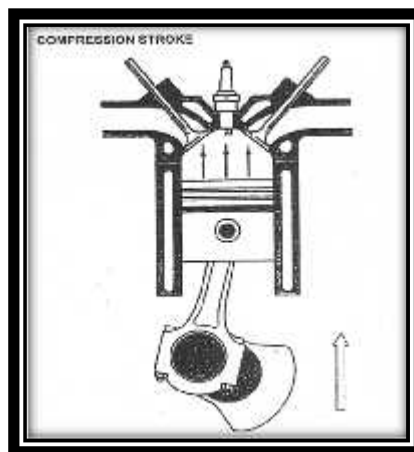
Mesin 4 tak memiliki ciri khas menggunakan katup masuk (*inlet valve*) dan katup buang (*exhaust valve*) untuk mendukung siklus kerjanya. Prinsip mesin ini digunakan pada mesin bensin dan mesin diesel. Langkah-langkah piston dalam mesin 4 tak dapat dijelaskan secara bertahap adalah sebagai berikut:

- a) Piston bergerak dari TMA ke arah TMB, pada tahap ini kondisi katup masuk terbuka sedangkan katup buang tertutup. Dengan demikian terjadi hisapan terhadap saluran masuk oleh gerakan piston tersebut sehingga ada fluida yang memasuki silinder mesin. Fluida ini dalam mesin bensin berupa campuran bahan bakar dan udara, sedangkan untuk mesin *diesel* hanya udara yang dihisap masuk ke silinder mesin. Peristiwa ini dikenal sebagai “langkah pemasukan” (*intake stroke*).



Gambar 2.2 Langkah Pemasukan (*Teguh Hariyadi*)

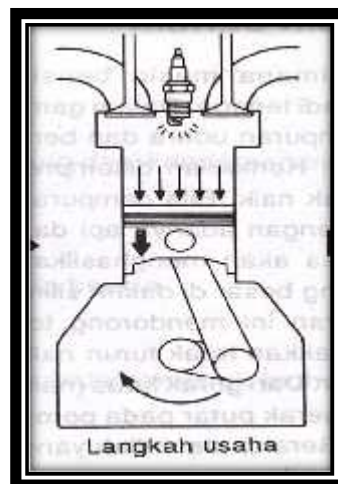
- b) Piston bergerak dari TMB ke arah TMA, pada tahap ini kondisi kedua katup tertutup. Terjadilah kompresi di dalam silinder mesin, sehingga fluida yang awalnya terhisap mengalami kenaikan tekanan dan temperatur. Pada mesin bensin naiknya temperatur ini tidak boleh terlalu tinggi supaya bahan bakar tidak menyala dengan sendirinya. Peristiwa ini dikenal sebagai “langkah kompresi” (*compression stroke*).



Gambar 2.3 Langkah Kompresi (*Teguh Hariyadi*)

Pada akhir langkah kompresi, yaitu beberapa derajat sebelum piston sampai di TMA maka untuk mesin bensin diberikan percikan api listrik

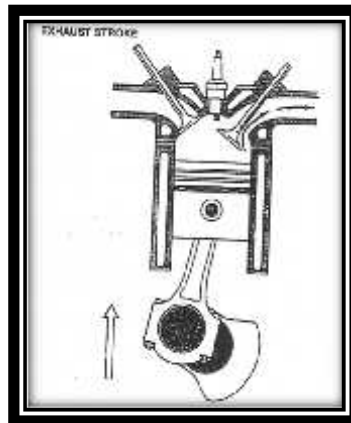
dari busi sehingga membakar campuran bahan bakar dan udara. Sedangkan mesin *diesel* yang memiliki nilai suhu kompresi sangat tinggi mampu membakar bahan bakar yang disemprotkan kedalam silinder pada waktu piston beberapa derajat sebelum mencapai TMA. Antara mesin bensin dan *diesel* memiliki kesamaan waktu pembakaran (*ignition timing*) yaitu sebelum piston mencapai TMA, hal ini beralasan karena proses pembakaran itu memerlukan waktu. Seperti dijelaskan sebelumnya pembakaran ini akan menghasilkan tekanan tinggi dalam silinder dan mendorong piston ke arah TMB, pada tahap ini kedua katup masih tertutup. Peristiwa ini dikenal sebagai “langkah usaha” (*power stroke*).



Gambar 2.4 Langkah Usaha (*Teguh Hariyadi*)

- c) Langkah usaha yang mendorong piston ke TMB akan diikuti oleh penambahan volume silinder yang terbentuk dengan piston tersebut. Hal ini tentunya menyebabkan turunnya tekanan dalam silinder, dan gas-gas sisa pembakaran (gas buang) harus dibuang keluar. Oleh karena itu katup

buang dibuka dan piston bergerak kearah TMA mendorong gas sisa keluar dari silinder. Peristiwa ini dikenal sebagai “langkah buang” (*exhauststroke*). (Sutoyo, 2011)

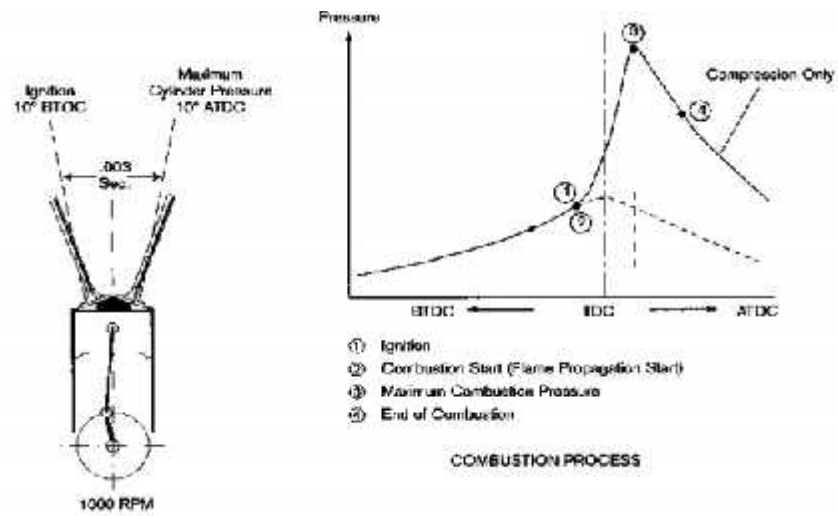


Gambar 2.5 Langkah Buang (*Teguh Hariyadi*)

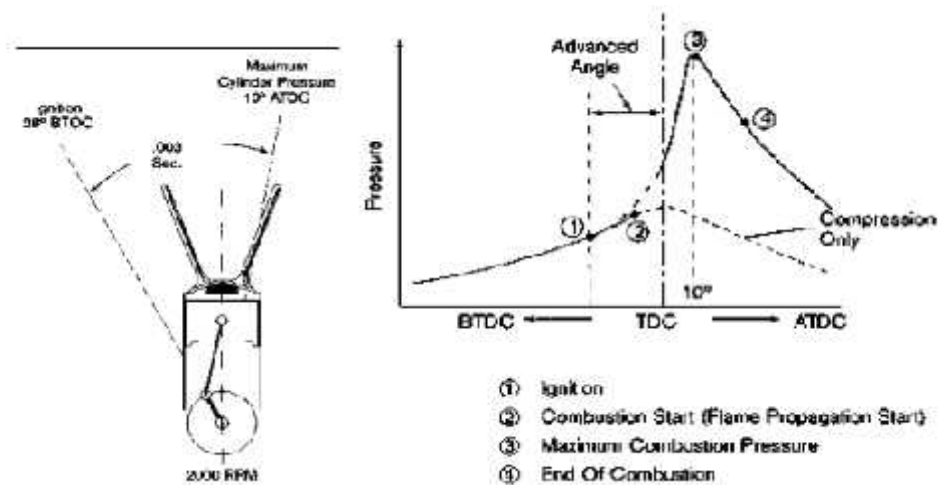
2.4 Sistem Pengapian.

1. Definisi sistem pengapian.

Sistem pengapian (*ignition system*) pada auto mobil berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai menjadi 10 kilo volt atau lebih dengan mempergunakan *ignition coil* dan kemudian membagi-bagikan tegangan tinggi tersebut ke masing-masing busi melalui distributor dan kabel tegangan tinggi. Tipe sistem pengapian baterai ini dipergunakan pada seluruh motor bensin untuk mobil modern. (*New Step I Training Manual:1996*)



Gambar 2.6 Diagram Pembakaran Motor Bensin (*Tim Dosen Universitas Wijaya Putra, 2010*)



Gambar 2.7 Pemajuan Saat Pengapian (*Tim Dosen Universitas Wijaya Putra, 2010*)

Pembakaran pada motor bensin diawali dengan pecikan bunga api pada busi (titik 1) sekitar 100° menjelang titik mati atas (TMA = TDC) pada akhir langkah kompresi. Pembakaran dimulai pada titik 2 dengan mulai terjadinya perambatan

api dan pembakaran maksimum terjadi di sekitar 100 setelah TMA Proses pembakaran di dalam ruang bakar membutuhkan waktu yang relatif konstan baik pada putaran lambat maupun tinggi. Oleh karena itu, pada putaran tinggi saat pengapian harus dimajukan untuk memenuhi waktu pembakaran sehingga tekanan maksimum pembakaran tetap berada sekitar 100 setelah titik mati atas baik pada putaran rendah maupun tinggi. (*Tim Dosen, Universitas Wijaya Putra, 2010*).

Sistem pengapian berfungsi untuk menghasilkan percikan bunga api yang kuat dan tepat untuk membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Oleh karena itu syarat-syarat berikut harus dipenuhi:

1. Bunga api yang kuat.

Pada saat campuran bahan bakar-udara dikompresikan di dalam silinder, sangat sulit bagi bunga api untuk melewati udara (hal ini disebabkan karena udara mempunyai tahanan listrik dan efeknya tahanan ini naik pada saat udara dikompresikan). Dengan alasan ini, maka tegangan yang diberikan pada busi harus cukup tinggi untuk dapat membangkitkan bunga api yang kuat, di antara elektroda busi (*New Step II Training Manual:1996*).

2. Saat pengapian yang tepat.

Untuk memperoleh pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang paling efektif, harus dilengkapi beberapa peralatan tambahan yang dapat merubah saat pengapian sesuai dengan rpm dan beban mesin (perubahan sudut poros engkol di mana masing-masing busi menyala).

Disebut pembakaran jika campuran udara dan bahan bakar terkena loncatan bunga api dari busi (*New Step II Training Manual:1996:1*).

Pada saat bunga api melalui campuran udara-bahan bakar dari elektroda, massa, busi, campuran udara-bahan bakar sepanjang loncatan api diaktifkan dan terjadi inti api (*flamenucleus*). Molekul-molekul campuran udara-bahan bakar di sekitar *flame nucleus* terjadi akibat kejutan yang ditimbulkan oleh loncatan api, kemudian molekul-molekul keluar dari pusat pembakaran (*New Step II Training Manual:1996*).

3. Ketahanan yang cukup.

Apabila sistem pengapian tidak bekerja, maka mesin akan mati. Oleh karena itu sistem pengapian harus mempunyai ketahanan yang cukup untuk menahan getaran dan panas yang dibangkitkan oleh mesin, demikian juga tegangan tinggi yang dibangkitkan oleh sistem. Sistem ini bekerja mendeteksi kondisi mesin (putaran mesin, aliran udara masuk, temperatur mesin dan lain-lain) berdasarkan sinyal dari setiap *engine* sensor. Selanjutnya menentukan saat pengapian yang optimum sesuai dengan kondisi mesin dengan mengirim sinyal pemutusan arus primer ke *igniter* yang mengontrol saat pengapian(*New Step II Training Manual:1996*).

2.5 Jenis Pengapian

Adapun beberapa jenis sistem pengapian antara lain :

- 1 . Konvensional
- 2 . Semi *Transistor*

3 . *Full Transistor*

4 . *Capasitor Discharge Ignition (CDI)*

5 . *Electronic Spark Advancer (ESA)*

6 . *Distributor Less Ignition (DLI)*

7 . *Intregated Ignition Assembly (IIA)*

Di bawah ini akan dijelaskan pengertian dari jenis pengapian tersebut.

1 . Konvensional

Sistem pengapian konvensional menggunakan *breaker point* untuk memutuskan dan menghubungkan arus pada kumparan *primer* koil. Sistem ini memerlukan perawatan berkala terutama pada *breaker point* yang dikarenakan kontak antar logam disertai aliran arus listrik sehingga menyebabkan *breaker point* cepat aus, namun sistem ini masih banyak digunakan sampai saat ini.

2 . *Semi Transistor*

Sistem pengapian semi transistor menggunakan transistor untuk memutuskan dan menghubungkan arus menuju kumparan primer koil, sedangkan untuk menghidupkan transistor menggunakan *breaker point*. Sistem ini relatif lebih bagus apabila dibandingkan dengan sistem pengapian konvensional karena *breaker point* tidak menghubungkan arus yang besar, sehingga relatif lebih tahan terhadap keausan.

3 . *Full Transistor*

Sistem pengapian *full transistor* dikembangkan untuk menghapuskan perlunya biaya pemeliharaan berkala karena sistem pengapian ini sudah tidak menggunakan *breaker point* seperti pada sistem pengapian yang sebelumnya

(sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian semi *transistor*). Sinyal generator dipasang untuk menggantikan *breaker point* dan *cam*, sedangkan *transistor* digunakan untuk memutuskan aliran arus primer koil dengan tidak mengadakan kontak logam dengan logam. Karakteristik jenis transistor adalah sebagai berikut.

- a. Performa pada kecepatan rendah cukup stabil.
- b. Performa pada kecepatan tinggi cukup baik.
- c. Performa pengapian meningkat karena energi pembakarannya dinaikkan.
- d. Keandalan sistem pengapiannya meningkat.
- e. Berbagai unit kontrol elektrik untuk meningkatkan performa mesin (waktu pengapian dan *cam angle control*) dapat dipasang.
- f. Memungkinkan untuk mengurangi rasio gulungan pada ignition coil. (*Step 1 Hyundai*)

4 . Capacitor Discharge Ignition (CDI)

Keanjangan dari CDI adalah *Capasitive Discharge Ignition*, yaitu sistem pengapian yang bekerja berdasarkan pembuangan muatan *kapasitor*. Konsep kerja sistem pengapian CDI berbeda dengan sistem pengapian penyimpan *induktif (inductive storage system)*. Pada sistem CDI, koil masih digunakan tetapi fungsinya hanya sebagai *transformator* tegangan tinggi, tidak untuk menyimpan energi. Sebagai pengganti, sebuah kapasitor digunakan sebagai penyimpan energi. Dalam sistem ini kapasitor diisi (*charged*) dengan tegangan tinggi sekitar 300 V sampai 500 V, dan pada saat sistem bekerja (*triggered*), kapasitor tersebut membuang (*discharge*) energinya ke kumparan

primer koil pengapian. Koil tersebut menaikkan tegangan (dari pembuangan muatan kapasitor) menjadi tegangan yang lebih tinggi pada kumparan sekunder untuk menghasilkan percikan api pada busi. (*Tim Dosen Universitas Wijaya Putra, 2010*)

Perbedaan yang sangat penting dari sistem pengapian CDI dengan sistem pengapian *induktif* atau *inductive storage system* lainnya (yaitu sistem pengapian konvensional, dan transistor). Pada sistem pengapian *induktif* (selain CDI), tegangan tinggi pada coil dihasilkan saat arus pada kumparan primer diputus (oleh kontak pemutus, atau *transistor*), sedangkan pada sistem pengapian CDI tegangan tinggi pada koil dihasilkan saat arus dari pembuangan muatan kapasitor mengalir dengan cepat ke kumparan *primer* koil (Derato, 1982 : 95). Waktu yang diperlukan oleh tegangan tinggi untuk mencapai tegangan tertingginya disebut *rise time*. Pada sistem pengapian CDI, *rise time* sangat singkat, sekitar 0,1 sampai 0,3 ms (Heywood, 1989 : 441). Hal ini menguntungkan karena percikan api akan tetap terjadi meskipun busi kotor.

Keunggulan :

- a) Sistem CDI tidak tergantung waktu (*sudut dwell*), dan untuk memastikan *magnetic* koil pengapian terpenuhi sepenuhnya.
- b) Dapat bekerja pada frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional.

Kelemahan :

a) Untuk banyak aplikasi, durasi bunga api terlalu singkat untuk memperoleh pengapian yang dapat diandalkan.

5 . *Electronic Spark Advancer* (ESA)

ESA adalah singkatan dari “*Electronic Spark Advancer*” Sistem yang menggunakan ECU mesin untuk menentukan waktu pengapian berdasarkan sinyal dari berbagai sensor. ECU mesin mengkalkulasi waktu pengapian dari waktu optimal dalam memori sesuai kondisi mesin, dan mengirim sinyal ke *igniter*. Waktu pengapian optimal pada dasarnya ditentukan oleh putaran mesin dan massa *intake* udara (*manifold pressure*).

6 . *Distributor Less Ignition* (DLI)

DLI disebut juga sebuah pengapian tanpa distributor. Sistem ini menggunakan sebuah *Ignition coil* untuk setiap dua buah busi. ECU (*Electronic Control Unit*) mendistribusikan arus *primer* ke setiap *Ignition coil* secara langsung dan menyebabkan busi meloncatkan bunga api. Sistem ini mempunyai keuntungan pada *ignition coil* dapat ditempatkan di dekat busi dan kabel tegangan tinggi dapat diperpendek, jadi dapat mengurangi suara berisik. Dengan ditiadakannya distributor, maka kerugian *internal discharge* dan kebisingan dapat dihilangkan. Dengan adanya pengurangan komponen yang bergerak, maka kemungkinan gangguan pada komponen-komponen akan menjadi lebih sedikit. Karena tidak ada pengaturan fisik terhadap saat pengapian, seperti jarak *side electrode*, maka saat pengapian akan diatur pada skala lebih besar.

7. *Integrated Ignition Assembly* (IIA)

IIA adalah kepanjangan dari *Intregated Ignition Assembly*, perakitan pengapian terpadu yang menggabungkan *igniter*, koil, koil pick up di dalam distributor itu sendiri.

Keuntungan dari IIA adalah:

- a. Kecil dan ringan.
- b. Tidak mengalami putus sambungan, jadi keandalannya tinggi.
- c. Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap air.
- d. Tidak mudah terpengaruh oleh kondisi sekitarnya.

Kerugian dari pengapian IIA adalah:

- a. Ketika mengalami kerusakan komponen harus diganti keseluruhan
- b. Lebih sulit melakukan *trooble shooting*.
- c. Harga komponen yang mahal dibanding dengan sistem pengapian lainnya.

Dengan sistem ini dapat diwujudkan pengaturan yang lebih teliti berdasarkan kondisi kerja mesin dan ini tidak dapat diperoleh pada sistem *non I IA* yang hanya dapat mengatur putaran mesin dan manifold vacum dengan menggunakan *governor advancer* yang terdapat di dalam sebuah distributor. Pembakaran campuran bahan bakar udara yang dikompresikan terjadi di dalam silinder. Tutup distributor dibuat dari *injection-molde depoxy* resin yang memiliki daya tahan panas yang tinggi dengan kemampuan isolasi yang kuat. Pada tutup distributor terdapat *carbon center contact piece* yang berhubungan

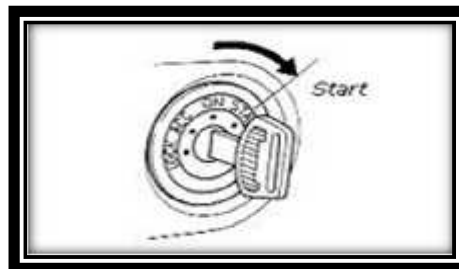
langsung dengan elektroda pusat dimana tutup ini terbuat dari alumunium ditempatkan pada sisi di sekeliling tutup distributor dan akan menerima arus tegangan tinggi dari elektroda pusat melalui rotor. (Guntoro Ratri Adi, 2013)

2.6 Komponen Sistem Pengapian.

Komponen Sistem pengapian baterai pada umumnya terdiri dari baterai, *ignition coil*, distributor, kabel tegangan tinggi dan busi, Untuk menghasilkan percikan bunga api, Sistem pengapian *Full Transistor* mempunyai komponen, komponen tersebut sebagai berikut :

1. Kunci kontak

Berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan listrik pada rangkaian atau mematikan dan menghidupkan sistem pengapian.



Gambar 2.8Kunci kontak

2. Baterai

Battery adalah suatu alat *electrochemical* yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi kimia kelistrikan, yang kelompokan menjadi *primary cell* dan *secondary cell*. (Step 1 Hyundai)

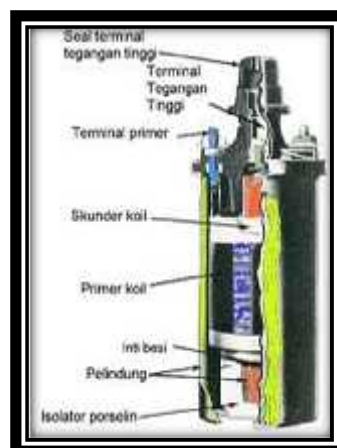


Gambar 2.9Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan atau menyediakan arus listrik tegangan rendah (biasanya 12 volt) untuk *ignation coil*.

3. *Ignition Coil*

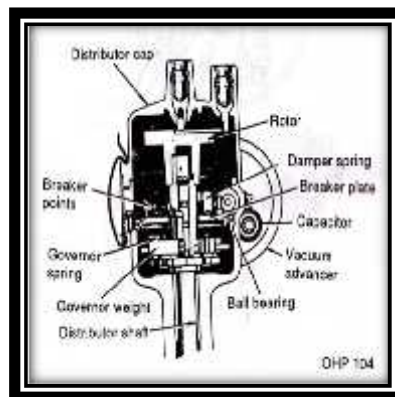
Ignition coil berfungsi menaikkan atau merubah arus listrik 12 volt dari baterai menjadi tegangan tinggi sebesar 10 kilo volt atau lebih untuk menghasilkan percikan bunga api ang kuat pada busi.



Gambar 2.10 *Ignition Coil* Pengapian Distributor
(Teguh Hariyadi)

4. Distributor

Distributor berfungsi mendistribusikan arus listrik tegangan tinggi yang dihasilkan dari kuamparan sekunder yang kemudian dialirkan ke busi pada masing-masing silinder sesuai dengan urutan pengapian (*firing order*). Distributor didalamnya memiliki beberapa bagian komponen, Bagian-bagian tersebut terdiri dari:



Gambar 2.11 Distributor Unit(*New Step I Training Manual:1996*)

a) *Contact point* atau *pick up coil*.

Bagian ini berfungsi sebagai pemicu (*trigger*) atau penghasil sinyal untuk mengaktifkan igniter.



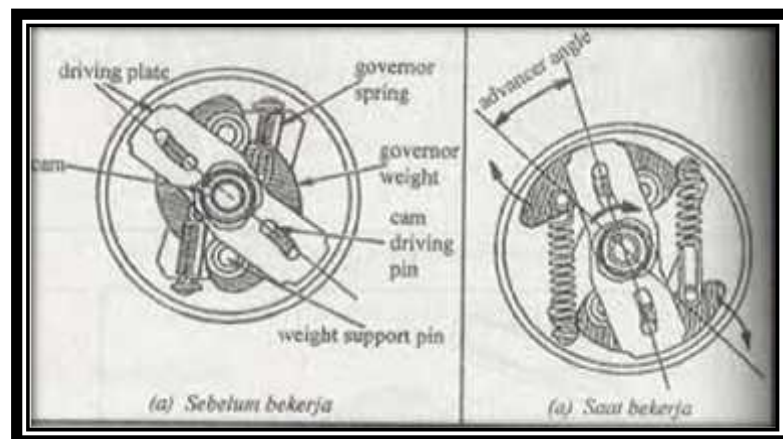
Gambar 2.12 Bentuk nok pada rotor distributor

b) Igniter

Igniter berisi transistor-transistor untuk memutuskan arus primer pada *ignition coil*, karena transistor transistor yang dipergunakan untuk memutuskan arus primer tidak melibatkan bagian-bagian yang bergerak yang saling bersinggungan, maka tidak terjadi penurunan tegangan skunder yang dihasilkan.

c) *Centrifugal Governor advancer*

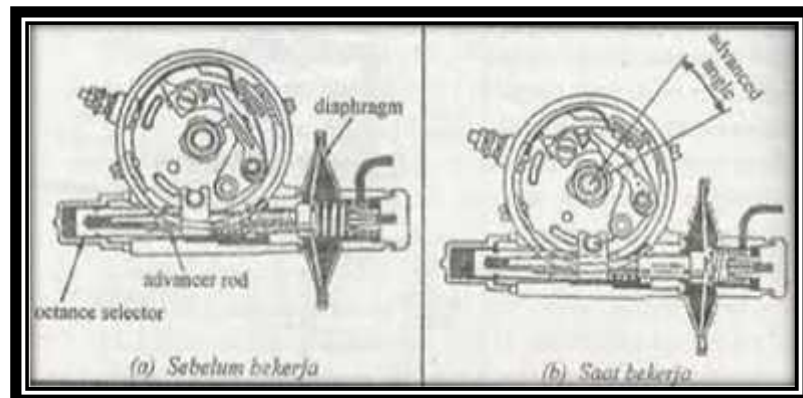
Komponen ini berfungsi untuk memajukan saat pengapian sesuai dengan pertambahan putaran mesin. Bagian ini terdiri dari *governor weight* dan *governor spring*. Cara kerjanya ialah ketika putaran mesin bertambah pada *governor weight* akan terjadi gaya *sentrifugal* dan menggeser platina sehingga *timing* pengapian dapat lebih maju, dan *governor spring* sendiri berfungsi pengembali *governor weight* ke posisi semula pada saat putaran mesin kembali normal.



Gambar 2.13 Governor advancer (*New Step I Training Manual:1996*)

d) *Vacuum Advancer*

Vacum advencer berfungsi untuk memajukan atau memundurkan saat pengapian sesuai dengan beban mesin, *vacum advencer* mendapat kevakuman pada *intake manifold* yang bertambah atau berkurang.



Gambar 2.14 *Vacuum Advancer* (New Step I Training Manual: 1996)

e) *Signal generator*

Signal generator akan menghasilkan tegangan, yang berguna untuk menyalakan transistor-transistor di dalam *igniter*.

f) Rotor

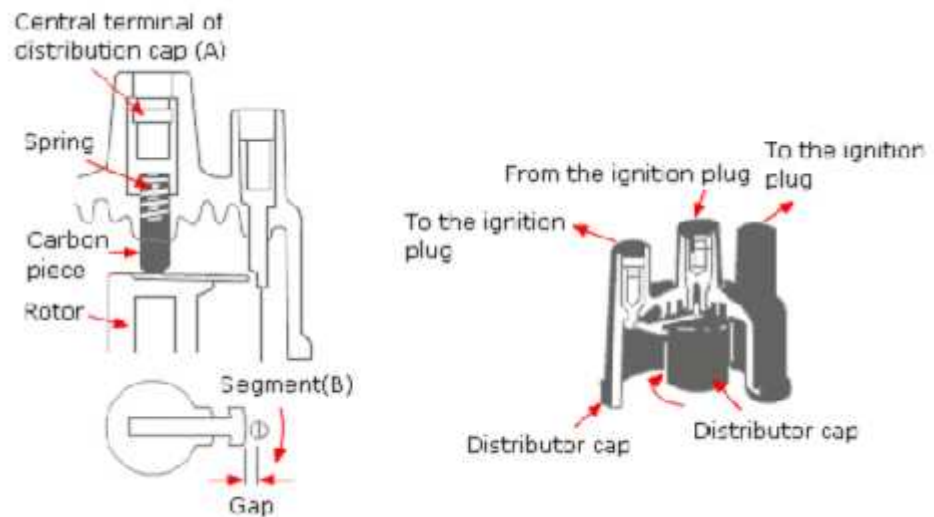
Rotor berfungsi membagikan arus listrik tegangan tinggi yang dihasilkan oleh *ignation coil* ke tiap-tiap busi. Rotor berputar karena mendapat putaran langsung dari *crankshaft*.



Gambar 2.15 Rotor Distributor

g) *Distributor Cap*

Distributor cap atau tutup distributor berfungsi membagikan arus listrik tegangan tinggi yang telah dibangkitkan di kumparan skunder dari rotor ke kabel tegangan tinggi untuk masing- masing selinder sesuai dengan urutan pengapian.



Gambar 2.16 *Distributor Cap(Step I hyundai)*

5. Kabel tegangan tinggi

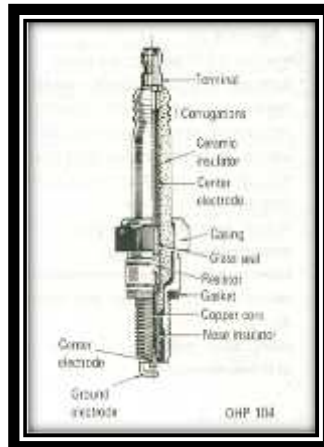
Mengalirkan arus listrik tegangan tinggi dari *ignition coil* ke busi. Kabel tegangan tinggi harus mampu mengalirkan arus listrik tegangan tinggi yang dihasilkan oleh *ignition coil* ke busi busi melalui distributor tanpa adanya kebocoran. Oleh sebab itu penghantar (*core*) dibungkus dengan *insulator* karet yang tebal untuk menghindari adanya kebocoran arus listrik tegangan tinggi. *Insulator* karet tersebut, kemudian dilapisi oleh pembungkus (*sheath*).



Gambar 2.17 Kabel Tegangan Tinggi

6. Busi

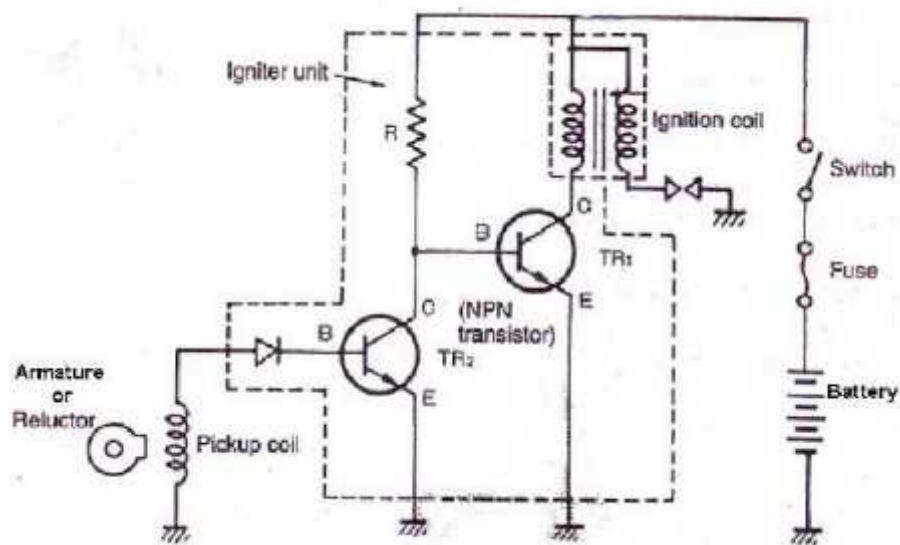
Berfungsi untuk mengeluarkan arus listrik tegangan tinggi menjadi loncatan bunga api melalui elektrodanya. Arus listrik tegangan tinggi dari distributor menimbulkan bunga api dengan temperatur tinggi di antara elektroda tengah dan massa dari busi untuk menyalakan campuran udara dan bahan bakar yang sebelumnya telah di kompresikan. (*New Step I Training Manual: 1996*)



Gambar 2.18 Busi(*New Step I Training Manual:1996*)

2.7 Cara Kerja Sistem Pengapian *Full Transistor*.

Secara umum, pada sistem pengapian transistor arus yang mengalir dari bateraidihubungkan dan diputuskan oleh sebuahtransistor yang sinyalnya berasal dari *pickup coil* (koil pemberi sinyal). Akibatnya tegangan tinggi terinduksi dalam koil pengapian (*ignition coil*). Berikut skema rangkaian sistem pengapian *full transistor*.



Gambar 2.19 Skema rangkaian sistem pengapian *full transistor*